

Морской



№2(66)

И Ю Н Ь

2 0 1 8

ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



КОНЦЕРН «МОРИНФОРМСИСТЕМА-АГАТ»
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА

МЕРИДИАН



Боевые информационно-управляющие системы



Системы управления взлетом и посадкой палубных ЛА



Интегрированные мостиковые системы



Системы электромагнитной защиты



135

ЛЕТ



Системы пожарной сигнализации



Системы противопожарной автоматики



Системы совместного безопасного применения оружия



Портативные диагностические комплексы

Морской Вестник



№ 2 (66)

И Ю Н Ь

2 0 1 8

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

В.С. Никитин, генеральный директор ФГУП «КГНЦ»,

президент Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, ректор СПбГМУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

А.С. Бузаков, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

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 приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

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 «С1 ЦКТИС»

И.М. Мухомудин, 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 Экспозишн»

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

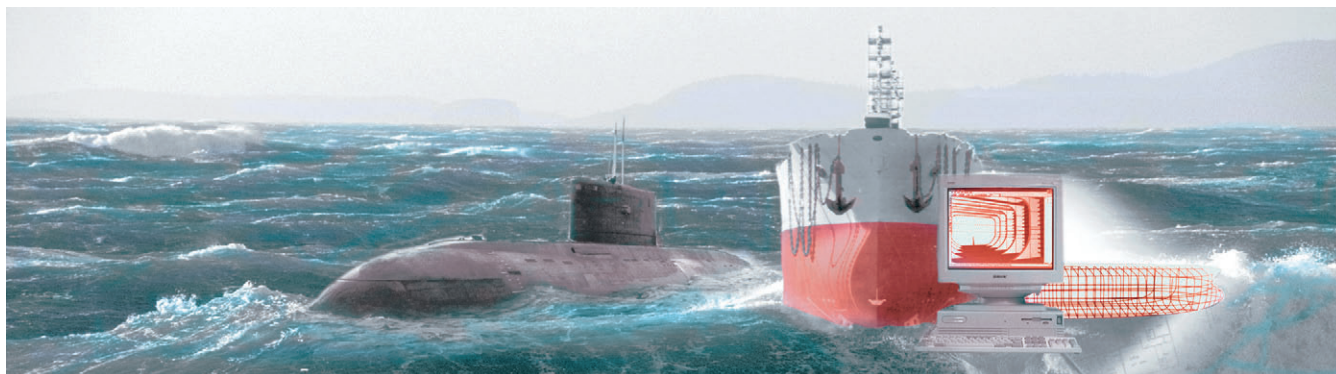
- Г. В. Егоров, М. А. Кутейников, А. Г. Егоров. О нормировании величины зазора между гребным винтом и корпусом судна 7
- С. А. Милавин. Обновление паромного парка судов 13
- К 75-летию профессора Ш. Г. Алиева 15

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- А. В. Иванкович. О трансформации системы управления судостроением 17
- И. Л. Вайсман, А. А. Юрчак. О соблюдении баланса интересов государства и бизнеса в целях развития гражданского судостроения 19
- А. С. Соловьев, Г. В. Тарица. Развитие производственных мощностей для повышения производительности труда и качества строящихся судов 20
- М. А. Будниченко, А. Ю. Спиридонов. Реализация метода «точной геометрии» при строительстве атомных подводных лодок 25
- Д. А. Веригин. Оптимизация процессов в области логистики складских комплексов 29

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- А. С. Лобанов. Анализ подходов к обоснованию выбора энергетических установок перспективных надводных кораблей ВМФ 30
- В. К. Румб, В. И. Паюсов, П. В. Фетисов. Особенности конструкции и расчета Особенности конструкции и расчета крутильных колебаний судовых дизель-газотурбинных агрегатов 37
- Л. Г. Кузнецов, Ю. Л. Кузнецов, А. В. Бураков, Н. А. Котлов. Применение роторных компрессорных систем АО «Компрессор» для эффективного решения задач пневмообмыва корпуса ледокола и в альтернативных гражданских проектах 41
- А. Г. Богданов, В. И. Черненко, Д. А. Скороходов. Стратегия развития изделий судового машиностроения 45
- И. В. Плещенков. Опыт освоения ООО «Винета» термopластичных композиционных материалов для изделий судового машиностроения 50
- А. С. Афанасьев, М. А. Болдырев, Б. В. Жмунов, А. С. Петрушенко. Анализ существующей номенклатуры химических источников тока для морских средств вооружения, военной и специальной техники 53
- С. А. Митриченко. Модернизация программного обеспечения по прокладке кабелей 59
- М. Б. Белов, А. Ю. Кудряшов, А. Ю. Кудрявцев, А. С. Беляев. Возможность применения систем аэрозольного пожаротушения на кораблях ВМФ 62
- С. А. Белов. Перспективные электроприводы для судовой трубопроводной арматуры 65



ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- А. А. Копанев.** Акционерному обществу «Научно-производственная фирма «Меридиан» – 135 лет 70
- И. О. Прутчиков, В. В. Камлюк, Е. Л. Каулин, В. И. Михайлов, И. Д. Куртц.** Моделирование, расчет параметров и режимов работы систем мониторинга, контроля и управления бесперебойным жизнеобеспечением автономных объектов на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий 75
- К. Ю. Шилов.** Перспективы развития интегрированных корабельных систем четвертого поколения 81
- Ю. С. Ицкович, Ю. В. Арнаут, И. П. Грахова, П. А. Новиков.** Пути обеспечения эффективной работы радиолокационных визиров на летательных аппаратах по морским объектам в непосредственной близости от береговой черты 85

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- Н. Н. Жильцов, В. П. Свиридов, П. И. Малеев.** Особенности гидрометеорологического обеспечения в Арктическом регионе и возможные пути его совершенствования 91
- К. В. Грибов, Г. А. Федорев, А. С. Знатков, П. А. Шауб, С. В. Московкина.** «Ледовый шёлковый путь» России. Концепция использования экранопланов в Арктике 95
- А. А. Фомичев, Ю. Ю. Брославец, А. А. Жихарева, П. В. Ларионов, В. Б. Успенский, А. Д. Морозов.** Повышение точности интегрированной навигационной системы в автономном режиме за счет совершенствования метода комплексирования инерциальной и спутниковой информации 101
- В. С. Кудишкин.** Дискретизация непрерывных записей упругих колебаний корпуса судна при движении во льдах и ее влияние на точность вычисления спектральных характеристик 108

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

- Д. Е. Цыганков.** АО «ЦМКБ «Алмаз» на выставке «Дефекспо Индия–2018»... 113

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

- АО «51 ЦКТИС».** Обеспечение эксплуатации и ремонта атомных подводных лодок первого поколения 115
- В Адмиралтействе открыта аудитория имени выдающегося отечественного кораблестроителя Николая Петровича Муру** 118
- В. Е. Юхнин.** 60 лет в Северном ПКБ 121

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- Г. А. Гребенищикова.** В память о великой войне 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 экон. 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. 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

Ю. Д. Прякин, д-р ист. наук, проф.

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. Шамазов, 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.pereschen.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 № 867

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

Морской Вестник



№2(66)

J u n e

2 0 1 8

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

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, General Director FSUE KSRC,
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 Armatit

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 Vypel

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

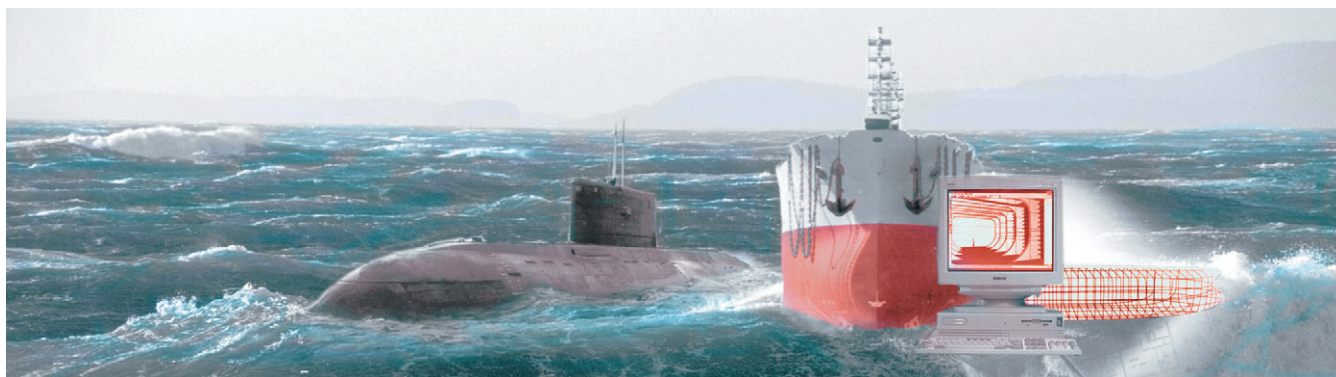
- G.V. Egorov, M.A. Kuteinikov, A.G. Egorov.** On the normalization of the gap between the propeller and the hull of the vessel 7
- S.A. Milavin.** Renewal of the ferry fleet of ships..... 13
- To the 75th anniversary of Professor Sh.G. Aliyev..... 15

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- A.V. Ivankovich.** On the transformation of the shipbuilding management system 17
- I.L. Waisman. A.A. Yurchak.** On the observance of the balance of interests of the state and business with a view to the development of civil shipbuilding 19
- A.S. Solov'yev, G.V. Taritsa.** Development of production capacities to increase labor productivity and quality of ships under construction..... 20
- M.A. Budnichenko, A.Yu. Spiridonov.** Realization of the method of «precise geometry» in the construction of nuclear submarines 25
- D.A. Verigin.** Optimization of processes in the field of logistics warehouse complexes..... 29

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- A.S. Lobanov.** The analysis of approaches in a substantiation of power Installations the perspective surface ships of the Navy 30
- V.K. Rumb, V.I. Payusov, P.V. Fetisov.** Features of design and calculation of torsional vibrations of marine diesel-gas turbine aggregates 37
- L.G. Kuznetsov, Yu.L. Kuznetsov, A.V. Burakov, N.A. Kotlov.** Application of rotary compressor systems of JSC «Compressor» for effective solution of the problems of the pneumo-sweep of the icebreaker body and in alternative civil projects..... 41
- A.G. Bogdanov, V.I. Chernenko, D.A. Skorokhodov.** Strategy of shipbuilding products development 45
- I.V. Pleshchenkov.** Experience in developing JSC Vineta thermoplastic composite materials for shipbuilding products 50
- A.S. Afanas'yev, M.A. Boldyrev, B.V. Zhmurov, A.S. Petrushenko.** Analysis of the existing nomenclature of chemical power sources for naval weapons, military and special equipment 53
- S.A. Mitrichenko.** Modernization of the software for the laying of cables..... 59
- M. B. Belov, A.Yu. Kudryashov, A.Yu. Kudryavtsev, A.S. Belyaev.** Possibilities of using aerosol fire extinguishing systems on Navy ships..... 62
- S.A. Belov.** Perspective electric drives for ship pipeline valves 65



INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- A.A. Kopanev.** The joint-stock company «Scientific and Production Firm «Meridian» – 135 years 70
- I.O. Prutchikov, V.V. Kamlyuk, E.L. Kaulin, V.I. Mikhailov, I.D. Kurtz.** Modeling, calculation of parameters and operating modes of monitoring, control and management systems for uninterrupted life support of autonomous objects on the basis of combined application of opto-electronic means of detection and recognition of events 75
- K.Yu. Shilov.** Prospects for the development of integrated shipborne systems of the fourth generation 81
- Yu.S. Itskovich, Yu.V. Arnaut, I.P. Grakhova, P.A. Novikov.** Ways to ensure the effective operation of radar sighters on aircraft by sea objects in close proximity to the coastline 85

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- N.N. Zhiltsov, V.P. Sviridov, P.I. Maleev.** Features of hydrometeorological support in the Arctic region and possible ways of its improvement 91
- K.V. Gribov, G.A. Fedoreev, A.S. Znatkov, P.A. Shaub, S.V. Moskovkina.** «Ice Silk Road» of Russia. The concept of using ekranoplanes in the Arctic 95
- A.A. Fomichyov, Yu.Yu. Broslavets, A.A. Zhikharev, P.V. Larionov, V.B. Uspensky, A.D. Morozov.** Improving the accuracy of the integrated navigation system in an autonomous mode due to the improvement of the method of combining inertial and satellite information 101
- V.S. Kudishkin.** Discretization of continuous records of elastic vibrations of the hull of a vessel during the motion in ice and its influence on the accuracy of the calculation of the spectral characteristics 108

EXIBITIONS AND CONFERENCES

- D.E. Tsygankov.** JSC CMDB Almaz at the exhibition Defexpo India–2018 113

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- JSC 51 CDTISR.** Maintenance of operation and repair of nuclear submarines of the first generation 115
- In the Admiralty there is an audience of the famous Russian shipbuilder Nikolai Petrovich Muru** 118
- V.E. Yukhnin.** 60 years in the Severnoye Design Bureau 121

IN THE MARITIME ASSEMBLY

- G.A. Grebenshchikova.** In memory of the Great War 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

V.I. 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.I. Maleev, D. Sc.

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

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

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

L.A. Promyslov, Ph. D.

Yu.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.

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

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

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

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 № 867

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

Эффективной работе гребных винтов и их взаимодействию с корпусом судна всегда уделяли много внимания на различных этапах строительства судна, так как правильно спроектированный и установленный пропульсивный комплекс позволяет сократить расходы на топливо, выйти на заданную в судостроительном контракте эксплуатационную скорость, обеспечить безопасную эксплуатацию и комфортное пребывание на борту.

Особенно важен корректный выбор величины зазора между гребным винтом и корпусом судна c (рис. 1). Чрезмерно большой зазор приводит к уменьшению пропульсивного коэффициента, маленький же зазор увеличивает нагрузки, действующие на винт, а также создает избыточную вибрацию.

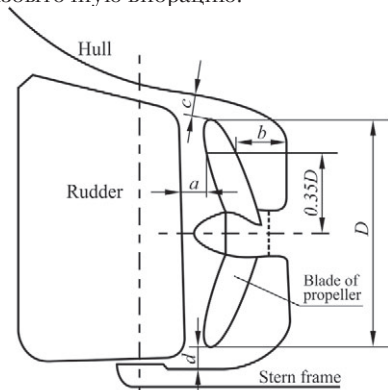


Рис. 1. Определение зазора c согласно CCS [4, с. 2–126, п. 2.14.4]

Для каждого типа судна и винта необходимо определять эффективный диапазон величины зазора c , который будет обоснован для тех или иных эксплуатационных режимов.

Цель статьи – выработка предложений по определению зазора между гребным винтом и корпусом судна c на основе анализа требований Правил членов Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО) и опыта проектирования и эксплуатации.

В первую очередь должны быть проанализированы действующие Правила членов МАКО в области нормирования величины зазора между гребным винтом и корпусом судна (на сегодняшний день в МАКО входит 12 классификационных обществ (КО), которые обслуживают более 90% всего торгового флота [1]).

American Bureau of Shipping (ABS). Для общих случаев зазоры не регламентируются. В пункте 6.1.6/23 [2, с. 142] сказано, что для избегания больших нагрузок на лопасти винта зазоры c должны быть не меньше толщины льда h_0 , указанного в [2, с. 132, п. 6.1.6/11.5] для различных балтийских ледовых классов (далее просто ледовых) (табл. 1):

Bureau Veritas (BV). Для общих случаев зазоры не регламентируются,

О НОРМИРОВАНИИ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА МЕЖДУ ГРЕБНЫМ ВИНТОМ И КОРПУСОМ СУДНА

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор ООО «Морское инженерное бюро-СПб»,

М.А. Кутейников, д-р техн. наук, первый руководитель отдела ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,

А.Г. Егоров, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник ООО «Морское инженерное бюро-СПб»,

контакт. тел. (812) 233 6403

Таблица 1
Величина минимального зазора c для различных балтийских ледовых классов

Ледовый класс	h_0 , мм
IAA (IAS) (PC6 полярный класс [2])	1000
IA (PC7 полярный класс [2])	800
IB	600
IC, ID	400

Источник: [2, с. 132]

для судов ледовых классов ситуация аналогична Правилам ABS [3, с. 219, п. 5.3.1, табл. 9] (см. табл. 1).

China Classification Society (CCS). Определение величины зазора между гребным винтом и корпусом судна c носит рекомендационный характер [4, с. 2–125, п. 2.14.4]. Рекомендуется, чтобы зазор c был не менее 14% от диаметра винта всех типов и расположений для всех судов (рис. 1): $c \geq 0,14D$, где D – диаметр винта, м.

Croatian Register of Shipping (CRS). Помимо общих фраз о необходимости минимизации усилий, действующих на винт [5, с. 114, п. 12.3.1.2], CRS дает рекомендацию о зазоре $d_{0,9}$ относительно $0,9R$ (рис. 2) (для определения зазора c нужно вычесть $0,1R$):

$$d_{0,9} \geq 0,004nD^3 \times \sqrt{\frac{v \cdot [1 - \sin(0,75\gamma)] \cdot \left(0,5 + \frac{Z_B}{x_F}\right)}{\Delta}}, \text{ м,}$$

где R – радиус гребного винта, м; v – эксплуатационная скорость судна, уз; n – частота вращения гребного винта, об/мин; Δ – наибольшее водоизмещение судна, т; γ – угол откидки лопасти гребного винта, градусы (рис. 3); Z_B – расстояние между палубой рулевой рубки и верхней палубой, м; x_F – расстояние между концевой кромкой кормы и носовой переборкой надстройки, м.

Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd (DNV GL). Для общих случаев зазоры не регламентируются. Для судов ледовых классов ситуация аналогична Правилам ABS и BV [6, с. 34, п. 7.2.1, табл. 8] (см. табл. 1).

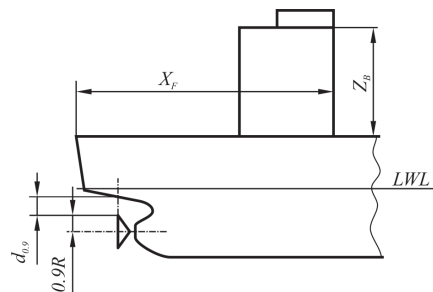


Рис. 2. Определение зазора $d_{0,9}$ согласно CRS [5, с. 114, п. 12.3.1.2]

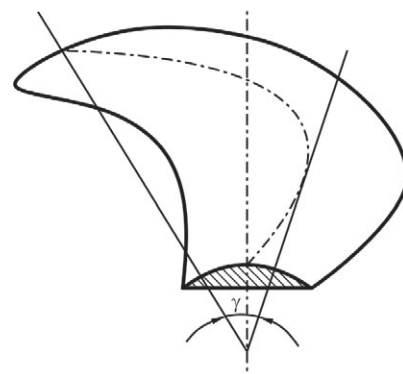


Рис. 3. Определение угла откидки лопасти гребного винта согласно CRS [5, с. 114, п. 12.3.1.2]

Были проанализированы также отдельно ранее действовавшие Правила DNV и GL.

DNV. В Правилах 2000 г. (ч. 3, гл. 3, разд. 2, с. 9, п. 105) рекомендовалось, чтобы величина зазора c между гребным винтом и корпусом судна была не менее $c \geq (0,48 - 0,02Z_p) \times R$, м (для одновинтовых судов) и $c \geq (0,6 - 0,02Z_p) \times R$, м (для двухвинтовых судов), где Z_p – количество лопастей (рис. 4).

GL. В Правилах 2016 г. (с. 13-3, п. C.1.2) давалась рекомендация о зазоре $d_{0,9}$ относительно $0,9R$, по аналогии с действующими Правилами CRS (см. CRS).

Indian Register of Shipping (IRS). Зазор c определяется по аналогии с Правилами DNV 2000 г. [7, ч. 6, разд. 4, п. 4.1.5] (рис. 5).

Korean Register (KR). Для общих случаев зазоры не регламентируются. Для судов ледовых классов ситуация аналогична Правилам ABS, BV и DNV GL [8, п. 310.1; 8, с. 3, п. 204.4, табл. 1.1] (см. выше 1).

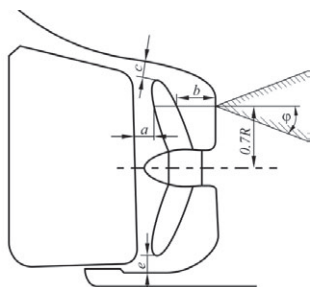


Рис. 4. Определение зазора с согласно Правилам DNV 2000 г.

Для ледоколов отдельно регламентируется следующий минимальный зазор с: см. рис. 6 и табл. 2.

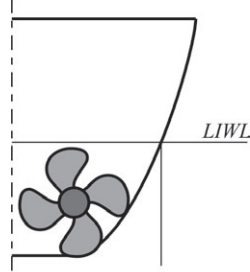


Рис. 6. Зазор, с согласно KR, для ледоколов (расстояние от кромки винта до нижней ледовой ватерлинии – lower ice waterline) [8]

Таблица 2
Величина минимального зазора с по KR для ледоколов

Класс ледокола	Зазор с, мм
Icebreaker6	1500
Icebreaker5	1250
Icebreaker4	750
Icebreaker3	500

Источник: [8]

Lloyd's Register (LR). Величина зазора между гребным винтом и корпусом судна a (одновинтовое судно), e (двухвинтовое судно) определяется в соответствии с табл. 3 и рис. 7 [9, с. 299, табл. 6.7.8].

Таблица 3
Величина минимального зазора a , e по LR

Количество лопастей	Зазор a для одновинтового судна, м	Зазор e для двухвинтового судна, м
3	$1,20 \cdot K \cdot D$	$1,20 \cdot K \cdot D$
4	$1,00 \cdot K \cdot D$	$1,00 \cdot K \cdot D$
5	$0,85 \cdot K \cdot D$	$0,85 \cdot K \cdot D$
6	$0,75 \cdot K \cdot D$	$0,75 \cdot K \cdot D$
Минимальное значение	$0,10D$	$0,20D - 3 \text{ и } 4 \text{ лопасти}$ $0,16D - 5 \text{ и } 6 \text{ лопастей}$

Источник: [9, с. 299, табл. 6.7.8]

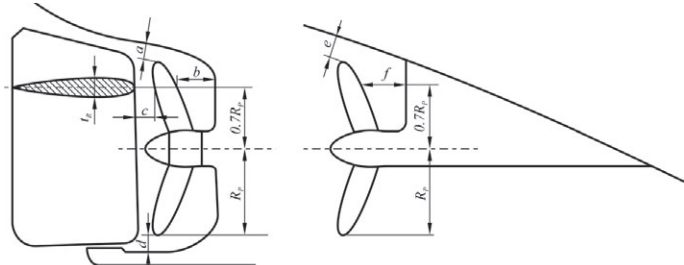


Рис. 7. Определение зазоров a , e согласно LR [9, с. 306, рис. 6.7.12]

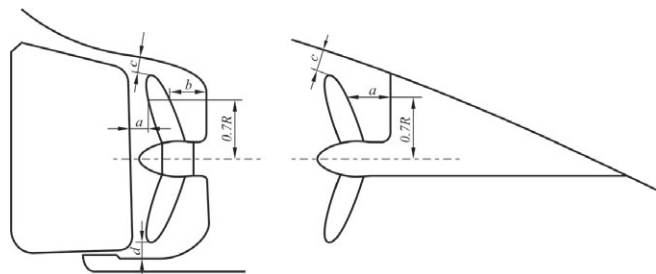


Рис. 5. Определение зазора с согласно IRS

Коэффициент K определяется как:

$$K = \left(0,1 + \frac{L}{3050} \right) \cdot \left(\frac{3,48 C_b P}{L^2} + 0,3 \right),$$

где L – длина по КВЛ, м; C_b – коэффициент общей полноты на осадку в грузу; P – мощность на один вал, кВт.

Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK). Для общих случаев зазоры не регламентируются. Для судов ледовых классов ситуация аналогична с Правилами ABS, BV, DNV GL и KR [10, п. 8.3.9; 10, с. 16, п. 8.1.2.6] (см. табл. 1). При этом в поправках 2017 г. [10, с. 130, п. I8.3.9] уже отмечается, что зазор c должен быть не менее 500 мм для судов ледовых классов и расстояние между кромкой винта и нижней границей ледяного поля должно быть положительным (винт не должен касаться сплошного льда).

Polski Rejestr Statków (PRS). Зазор c определяется по аналогии со «старыми» Правилами DNV и действующими Правилами IRS [11, с. 94, п. 11.4.2].

Registro Italiano Navale (RINA). Для общих случаев зазоры не регламентируются. Для судов ледовых классов ситуация аналогична с Правилами ABS, BV, DNV GL, KR и ClassNK [12, с. 70, п. 6.3.1; 12, с. 61, п. 2.3.1] (см. табл. 1). При этом для судов ледовых классов рекомендуется избегать минимальных значений с целью недопущения возникновения критических нагрузок на винт [12, с. 103, п. 9.2.1].

Таблица 3

Российский морской регистр судоходства (РС). Величина зазора с между гребным винтом и корпусом судна для всех типов и расположений винтов на всех судах (см. рис. 8) определяется по формуле [см. 13, с. 83, п. 2.10.2.2] $c \geq 0,36R$, м.

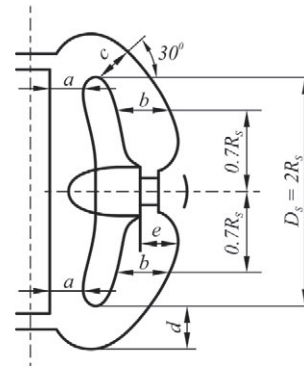


Рис. 8. Определение зазора с согласно PMPC [13, с. 83, п. 2.10.2.2]

При этом «лапы двухлапных кронштейнов бортовых гребных валов должны располагаться по отношению друг к другу под углом, близким к 90° . Осевые линии лап должны пересекаться на оси гребного вала. Расположение кронштейнов относительно корпуса должно обеспечивать возможно больший зазор между кромкой лопасти гребного винта и корпусом, но не менее 25 % диаметра гребного винта» [13, с. 84, п. 2.10.2.6].

Для судов ледовых классов ситуация аналогична Правилам других КО – членов МАКО.

Для ледоколов отдельно регламентируется следующий минимальный зазор c – см. табл. 4.

Таблица 4
Величина минимального зазора с по PMPC для ледоколов

Класс ледокола	Зазор с, мм
Icebreaker9	1500
Icebreaker8	1250
Icebreaker7	750
Icebreaker6	500

Источник: [13, с. 142, п. 3.10.1.2.3]

Рекомендации научно-производственной литературы и производителей пропульсивных комплексов. Помимо Правил членов МАКО были проанализированы рекомендации некоторых производителей пропульсивных комплексов, а также данные справочников по гидродинамике.

Компания MAN Diesel & Turbo рекомендует, чтобы диаметр винта D был возможно большим с целью получения максимального пропульсивного коэффициента. При этом отмечается, что некорректно для всех типов судов рекомендовать одинаковые зазоры.

Танкеры и балкеры чаще всего не имеют обратной загрузки, соответственно, часто эксплуатируются в балласте, что обязывает проектиратора уменьшать диаметр винта для обеспечения его полного погружения. У линейных контейнеровозов (и паромов) ситуация иная, они редко совершают балластный переход [15, с. 18]. Оценочные рекомендации MAN следующие:

$D/d < 0,65$ – для балкеров и танкеров;

$D/d < 0,74$ – для контейнеровозов и паромов, где d – расчетная осадка, м.

С целью недопущения возникновения избыточной вибрации корпуса компания Wartsilä рекомендует обеспечивать зазор c между корпусом и винтом для классических морских судов не менее:

$c \geq 0,20...0,25D$, м – для винтов с нулевым (небольшим) углом откидки лопастей γ ;

$c \geq 0,15...0,20D$, м – для винтов с большим углом откидки лопастей γ .

Для линейных паромов и круизных лайнеров, где важно обеспечить комфорт пассажиров и нет частой смены эксплуатационных режимов, обычно принимают $c = 0,25...0,30D$, м [14, с. 485].

Производитель гребных винтов Rice Propulsion рекомендует следующую зависимость:

$c \geq xD$, м,
где $x = 0,23 - (0,02Z_p)$ [16].

Для трехлопастного винта зазор должен быть не менее $c \geq 0,17D$, м [16].

Для рыбопромысловых судов зазор может быть уменьшен до $c \geq 0,08...0,10D$, м. Возможная сильная вибрация компенсируется большим упором и повышенной

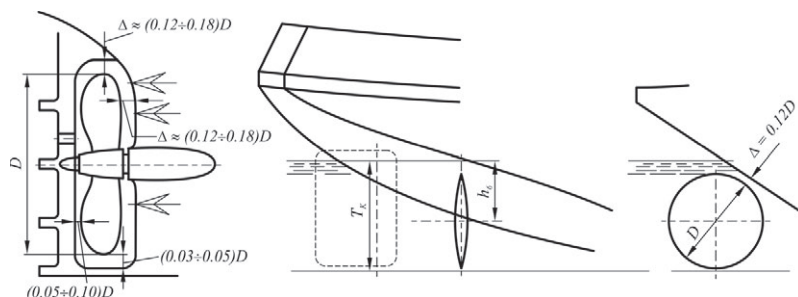


Рис. 9. Зазор c согласно А.М. Басину [18, с. 146]

эффективностью гребного винта большего диаметра, что важно при работе в различных эксплуатационных режимах для судов такого типа [16].

Clements Engineering рекомендует назначать зазор не менее $c \geq 0,15D$, м [17].

А.М. Басин при определении коэффициента попутного потока классическими считал суда, у которых зазор находился в пределах $c = 0,12...0,18D$, м (подробнее см. рис. 9) [18].

В книге В.Н. Анфимова, Г.И. Ваганова, В.Г. Павленко [19] также отмечено, что зазор должен находиться в пределах $c = 0,12...0,18D$, м, для морских судов (рис. 10). При выходе из диапазона существует вероятность возникновения вибрации в корме или существенно ухудшаются условия работы винта.

Для винтов, расположенных в туннелях кормовой оконечности, а также на многих буксирах-толкачах зазор $c = 0,05D$, м. Такое расположение характерно для речных судов (рис. 10) [19].

М.М. Жученко и В.М. Иванов рекомендовали при правильном расположении гребного винта относительно выступающих частей и корпуса судна диапазоны зазора отдельно для тихоходных $c = 0,12...0,18D$ и быстроходных $c = 0,18...0,25D$ судов [20].

В справочнике Я.И. Войткунского [21] рекомендуется зазор $c = 0,15...0,17D$ для тихоходных судов и $c = 0,20...0,15D$

для быстроходных судов (рис. 11). В абсолютных значениях автор рекомендовал принимать зазор для одновинтовых судов $c = 0,3$ м при длине судна 75 м и $c = 0,45$ м при длине судна 150 м.

У тихоходных судов с туннельными образованиями зазор между гребным винтом и корпусом зазор должен составлять не менее $c \geq 0,05...0,06D$, м. У таких же быстроходных судов $c \geq 0,10...0,15D$, м [21].

Для ледоколов величину зазора c следует принимать сопоставимой с максимальной толщиной льда, в котором еще возможно непрерывное движение самого ледокола [21].

Ф.М. Кацман в своей книге [22] отмечал, что среднее значение зазора c , предотвращающее появление повышенной вибрации, должно быть следующим:

$c \geq 0,15...0,18D$, м – для одновинтовых судов,

$c \geq 0,18D$, м – для двухвинтовых судов.

По данным М.Я. Алферьева [23], зазор между гребным винтом и корпусом судна может выбираться в следующем диапазоне:

$c = 0,05 - 0,15D$.

Примеры зазоров между гребным винтом и корпусом на существующих судах. Рассмотрим несколько примеров реализованных проектов «Морского инженерного бюро» – пр. RSD49 сухогрузного судна типа «Нева-Лидер» (построено 12 ед. [24], рис. 12) и пр. PV08 пассажир-

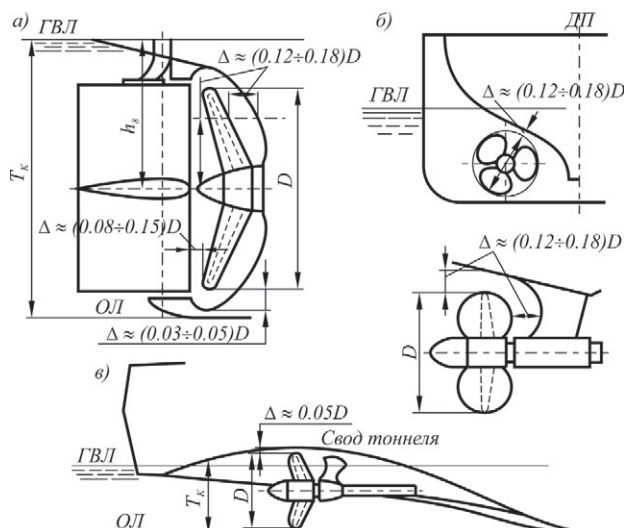


Рис. 10. Зазор c согласно [19, с. 84]: а, б – при обычных кормовых обводах, в – в туннеле

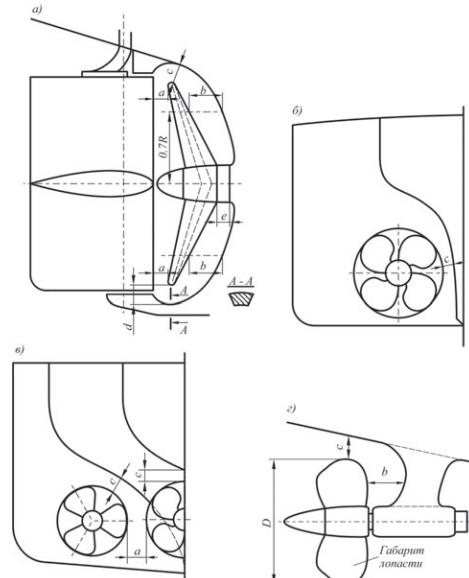


Рис. 11. Зазор c согласно [21, с. 68]: а – одновинтовое судно, б – двухвинтовое, в – трехвинтовое, г – бортовой винт

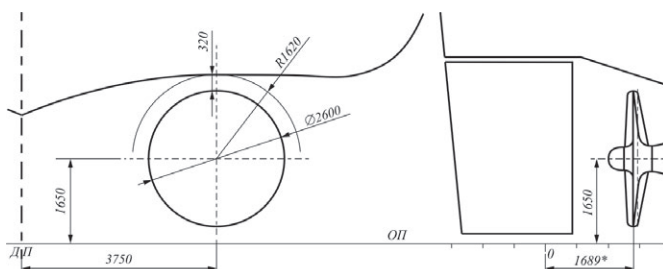


Рис. 12. Зазоры на сухогрузном судне пр. RSD49

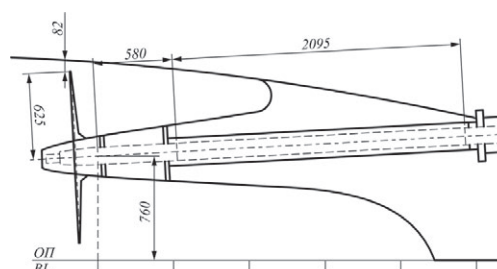


Рис. 14. Зазоры на пассажирском речном судне пр. PV08

ского круизного судна «Александр Грин» [25] (рис. 14), выполненного с применением элементов круизного судна пр. Q-065.

На судне пр. RSD49 зазор $c = 0,123066D$, м (в абсолютном значении $c = 0,32$ м, $D = 2,6$ м). Зазор обеспечивает эффективную работу пропульсивного комплекса, вибрация и чрезмерные нагрузки на бортовые винты отсутствуют.



Рис. 13. Вид на винторулевой комплекс т/х «Нева-Лидер 6»

В кормовой части судна пр. RSD49 установлены два винта фиксированного шага (левого и правого вращения) и два обтекаемых подвесных балансирных руля, обеспечивающих судну сертификационную скорость и управляемость (рис. 13).

На судне пр. PV08 зазор $c = 0,066D$, м (в абсолютном значении $c = 0,082$ м, $D = 1,25$ м).

Выводы. Результаты исследования показали, что нормирование величины зазора между гребным винтом и корпусом судна значительно различается в Правилах КО – членов МАКО.

ABS, BV, DNV GL, KR, ClassNK, RINA вообще ушли от ограничений, оставив лишь общие упоминания о необходимости создания максимально эффективного пропульсивного комплекса, т.е. перенесли вопрос в практическую плоскость на уровень проектантов и судостроителей.

Нормируются зазоры для судов балтийских ледовых классов и отдельно для ледоколов в некоторых КО (см. KR и РС), что правильно для обеспечения безопасности плавания во льдах и / или выполнения ледокольных операций.

Обзор справочной литературы и рекомендаций производителей лишь под-

твердил корректность принятого решения некоторыми КО – членами МАКО убрать ограничения по зазору для общих случаев, так как разброс значения зазора не позволяет сделать вывод о наиболее подходящей обобщающей величине этого самого зазора c .

Таким образом, на наш взгляд, требуется корректировка пп. 2.10.2.2 и пп. 2.10.2.6 Правил РМРС [13] в области нормирования зазора с целью приведения их к общему виду по аналогии с ABS, BV, DNV GL, KR, ClassNK, RINA.

Для реальных задач (для тех или иных типов судов) крайне желательно определять эффективный диапазон величины зазора, обоснованный с учетом расположения, количества и типа винтов, эксплуатационных режимов, ограничивающей осадки и кормовых обводов.

В любом случае необходимо понимать, что больший зазор улучшает комфортабельность, условия проживания на борту (меньше вибрация) и характерен для линейных морских паромов, круизных и грузовых судов), но в то же время приводит к снижению КПД пропульсивного комплекса и упора и, соответственно, к ухудшению эксплуатационных характеристик, что критично, к примеру, для судов с ограниченной осадкой или имеющих широкий спектр эксплуатационных режимов (речные и река–море плавания суда, рыбопромысловые суда, суда технического флота, суда обеспечения, паромы на «сложных» линиях типа, парома пр. CNF11CPD для паромной линии Ванино–Холмск [26, 27] и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт IACS (МАКО). URL: <http://www.iacs.org.uk/>.
2. Rules for Building and Classing. Steel Vessels 2018: Part 6 Specialized items and systems. Houston, TX, USA: American Bureau of Shipping, 2018. – 266 p.
3. Rules for the Classification of Steel Ships, NR 467: Bureau Veritas, 2018. – 356 p.
4. Rules for Classification of Sea-Going Steel Ships: Vol. 2, Part 2 Hull (with 2017, 2018 Amendments). Beijing, China: China Classification Society, 2015. – 2–477 p.
5. Rules for the Classification of Ships: Part 2 Hull. Split, Croatia: Croatian Register of Shipping, 2018. – 228 p.
6. Rules for Classification: Ships - DNVGL-RU-SHIP Part.6 Additional class notations Chapter.6 Cold Climate. Edition July 2017, amended January 2018. – 189 p.
7. Rules and Regulations for the Construction and Classification of Steel Ships: Indian Register of Shipping, 2016. – 1768 p.
8. Guidance for Ships for Navigation in Ice: GC-14-E. Busan, Korea: Korean Register, 2017. – 182 p.
9. Rules and Regulations for the Classification of Ships: London, United Kingdom: Lloyd's Register, 2017. – 1703 p.
10. Rules for the Survey and Construction of Steel Ships: Part 1 Ships Operating in Polar Waters, Polar Class Ships and Ice class ships (with Amendments): Tokyo, Japan, ClassNK, 2017. – 136 p.
11. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships: Part II Hull. Gdansk, Poland: Polski Rejestr Statkow, 2018. – 290 p.
12. Rules for the Classification of Ships: Part F Additional Class Notations. Genova, Italy: RINA, 2018. – 279 p.
13. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. II: Корпус. СПб., РМРС, 2018. – 209 с.
14. Wärtsilä Encyclopedia of Ship Technology (second edition, by Jan Babicz). Helsinki, Finland, 2015. – 659 p.
15. Basic Principles of Ship Propulsion: MAN Diesel & Turbo. Copenhagen, Denmark. – 45 p.
16. Сайт производителя гребных винтов Rice Propulsion. URL: <http://www.ricepropulsion.com/TNLS/Clearances.htm>.
17. Сайт производителя Clements Engineering. URL: <https://clementsengineering.co.uk/wp-content/uploads/2016/09/TD08.pdf>.
18. Басин А.М., Мунинвич И.Я. Теория и расчет гребных винтов. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 760 с.
19. Аифимов В.Н., Ваганов Г.И., Павленко В.Г. Судовые тяговые расчеты/Под ред. В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1978. – 216 с.
20. Жученко М.М., Иванов В.М. Расчеты гребных винтов. – Л.: Машгиз, 1953. – 276 с.
21. Войткунский Я.И., Периш Р.Я., Титов И.А. Справочник по теории корабля: судовые двигатели и управл. – Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.
22. Кацман Ф.М., Дорогостайский Д.В. Теория судна и двигатели. – Л.: Судостроение, 1979. – 280 с.
23. Алферьев М.Я. Судовые двигатели. – М.: Речиздат, 1947. – 665 с.
24. 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.
25. Егоров Г.В., Анисимов К.О. Трехпалубное круизное судно «Александр Грин» пр. PV08. Первое в России судно такого класса с 1959 года // Судостроение и судоремонт. – 2012. – №53. – С. 22–33.
26. Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома для линии Ванино–Холмск. – Ч. 1 // Морской вестник. – 2017. – №1 (61) – С. 15–20.
27. Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома для линии Ванино–Холмск. – Ч. 2 // Морской вестник. – 2017. – №2 (62) – С. 15–19. ■

Укрепление транспортных связей Дальневосточного региона – одна из важнейшей социально-экономических и геополитических задач регионального, национального и международного значения. Одно из приоритетных направлений работы – организация устойчивого транспортного сообщения о. Сахалин с материковой частью России посредством паромной переправы Ванино–Холмск.

С открытием в 1973 г. паромной железнодорожной переправы через Татарский пролив между портами Ванино и Холмск начался качественно новый этап развития транспортно-экономических связей Сахалинской области с материком. Использование переправы значительно сократило сроки доставки грузов по сравнению с перевозками морскими грузовыми судами, а также обеспечило относительную дешевизну перевозок и сохранность груза, исключив расходы, связанные с их перевалкой.

Для обслуживания переправы была создана серия из 10 морских железнодорожных ледокольных паромов типа «Сахалин» по пр. 1809, разработанному конструкторским бюро «Вымпел». Все паромы построены судостроительным заводом «Янтарь», г. Калининград. Первый паром «Сахалин-1» пришел своим ходом с Балтийского моря и приступил к работе на линии в 1973 г., новый «Сахалин-5» в 1976 г. вывел переправу на проектную мощность, последний паром был сдан в 1992 г.

Паромы представляют собой мощные транспортные средства для круглогодичной морской перевозки всех видов железнодорожного подвижного состава, колесной и гусеничной техники, пассажиров. Конструктивно «Сахалин» – это четырехпутный паром закрытого типа с погрузкой (выгрузкой) подвижного состава с кормовой оконечности, оборудованной водонепроницаемым закрытием. Вместимость парома обеспечивает перевозку на вагонной палубе 28 грузовых четырехосных вагонов и 72 пассажиров. Паром имеет длину 127 м, ширину 19,8 м, высоту борта 8,8 м, осадку в грузу 6,2 м, дедвейт 2245 т. Дизель-электрическая двухвальная установка с винторулевыми комплексами в носу и в корме суммарной мощностью 11480 кВт обеспечивает парому скорость хода до 18 уз, высокую управляемость и возможность работы в сплошном льду толщиной до 1 м. Работа по проектированию этих уникальных для своего времени всепогодных судов была удостоена премии Совета Министров СССР.

В 1989 г. по договору с Минморфлотом СССР конструкторское бюро «Вымпел» разработало проектное предложение создания для сахалинской переправы парома второго поколения, однако вопрос обновления паромного парка переправы в тот момент не получил дальнейшего развития.



Паром типа «Сахалин». Фото «Сахалинского морского пароходства»

ОБНОВЛЕНИЕ ПАРОМНОГО ПАРКА СУДОВ

С.А. Милавин, зам. ген. директора по проектной работе –
гл. конструктор проектов АО КБ «Вымпел»,
контакт. тел. +7 (831) 412 4427



Паромная переправа Ванино–Холмск

На сегодняшний день уже семь «Сахалинов» списаны, и работу переправы обеспечивают три последних судна серии, одно из которых предназначено для перевозки опасных грузов. Эти суда 1985, 1986, 1992 гг. постройки. Очевидно, что они выработали свой ресурс, устарели не только физически, но и морально, и для продолжения работы переправы нужны новые паромы.

Изначально предполагалось, что в модернизации нуждается вся переправа в комплексе, и «берег», и суда. В 2013 г. по заказу Федерального агентства морского и речного транспорта «Морское инженерное бюро-дизайн–СПб» разработало технический проект для паромной переправы Ванино–Холмск. Проект учитывал предполагаемые модернизационные изменения береговой части переправы. Были учтены расширенные на 2 м кормовые причальные «карманы», проект предполагал бортовой заезд с эстакады колесной техники на вторую грузовую палубу.

В конце 2016 г. Амурский судостроительный завод (ПАО «АСЗ») подписал контракт с Государственной транспортной лизинговой компанией («ГТЛК») на строительство двух грузопассажирских автомобильно-железнодорожных паромов ледовой категорией Arc5. В качестве разработчика проектной документации, необходимой для строительства судна, было выбрано конструкторское бюро по проектированию судов «Вымпел», и в начале весны 2017 г. ПАО «АСЗ» заключило договор на разработку всего комплекта документов.

Контракт предполагает разработку АО «КБ «Вымпел» проектной документации судна в постройке (ПДСП), рабочей конструкторской документации (РКД), приемо-сдаточной и эксплуатационной документации (ПСД и ЭД). Контрагентом на разработку ПДСП выступил автор технического проекта «Морское инженерное бюро-дизайн-СПб». Проект получил номер CNF11CPD (зав. № 00300). При разработке ПДСП АО КБ «Вымпел» пришлось вносить в проект изменения по «привязке» парома к существующей и работающей сегодня переправе.



Первоначальный облик парома на стадии технического проектирования. Проект CNF11CPD.

Фото «Морское инженерное бюро-дизайн-СПб»

Паром спроектирован и строится на класс КМ Arc5 AUT1-ICS OMBO ANTI-ICE ECO Ro-ro passenger ship Российского морского регистра судоходства и Правила Флага Российской Федерации.

Основные технические характеристики судна пр. CNF11CPD

Длина наибольшая, м.	131,00
Ширина габаритная, м.	20,32
Высота борта, м.	8,80
Осадка, м.	6,60
Дедвейт, т.	Ок. 4800
Мощность ГД, кВт.	4 × 4000
Скорость хода, уз.	18,0
Экипаж, чел.	35
Автономность по топливу, сут.	5
Ледопроходимость, м.	1,0

Это автомобильно-железнодорожный паром усиленного ледового класса Arc5 с ледокольным форштевнем, с жилой надстройкой, кормовым машинным отделением, с двухвинтовой дизельной пропульсивной установкой, кормовым и двумя носовыми подруливающими устройствами. Судно может перевозить не менее 32 железнодорожных вагонов (77 т) или 27 автосоставов (55 т) на главной палубе, а также 12 автосоставов на нижней палубе. Судно предназначено для перевозки всех видов автомобилей, различной колесной техники, до 30 рефрижераторных контейнеров, а также опасных грузов определенных классов в соответствии с положениями Международной конвенции ММОГ и Правилами МОПОГ. На судне имеются места для размещения и перевозки 200 пассажиров, которые размещаются в каютах и на сидячих местах (88 чел.) в салоне.

Винторулевой комплекс состоит из двух винтов регулируемого шага (ВРШ) и расположенных за ними полуподвесных полубаластирных рулей, обеспечивающих судну спецификационную скорость и управляемость.

Энергетическая установка состоит из четырех главных двигателей (дизелей), работающих парами через редукторы на ВРШ.

Судно имеет специфические судовые устройства, обеспечивающие его работу как парома и судна ро-ро. Для погрузки/выгрузки автотехники с главной палубы на нижнюю палубу предусмотрен грузовой лифт грузоподъемностью 55 т. Проем в палубе над лифтом закрывается водонепроницаемым закрытием. Кормовой погрузочный порт закрывается равнопрочным основному корпусу закрытием, выполненным в виде единой подъемной вверх секции двери. В кормовой части судна по правому борту установлена рампа для погрузки/выгрузки колесной техники на главную палубу.

Для обеспечения непотопляемости грузовое пространство на главной палубе делится на две части створчатым водонепроницаемым закрытием.

Гибкая система грузообработки, выполнение в проекте всех действующих норм и Правил Международных конвен-

ций, а также неограниченный район плавания и ледовое усиление позволяют эксплуатировать паром не только в Татарском проливе на паромной переправе Ванино–Холмск, но и на многих других терминалах предназначенных для судов типа ро-ро.

К осени 2017 г. был завершен этап разработки ПДСП, а к концу года согласование проекта с надзорными органами. Для скорейшего начала практических работ по корпусу по инициативе завода параллельно с завершением разработки ПДСП начались проектные работы по разработке рабочих чертежей корпуса. Это позволило заводу 29 июня 2017 г. заложить кили сразу двух паромов, а к моменту завершения согласования ПДСП с Российским морским регистром судоходства уже иметь три четверти разработанных рабочих чертежей по корпусу и плазовую документацию к ним. Завод, безусловно, рисковал, разворачивая полномасштабную работу над корпусом, не имея окончательно одобренного проекта ПДСП, однако именно это решение дало возможность вести строительство в соответствии с графиком. К началу весны 2018 г. завод имел полный комплект документации для сборки всех корпусных секций.



Автомобильно-железнодорожный / пассажирский паром пр. CNF11CPD/00300

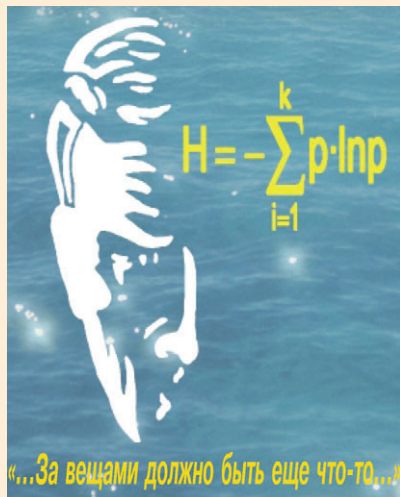
Ускоренное продвижение заводом корпусных работ связано еще с одной особенностью этого контракта – для сборочных цехов (эллингов) завода корпус этого судна велик. Из-за ширины судна в 20 м его корпус невозможно сформировать в закрытом эллинге. Перед технологическими службами завода на этапе подготовки контракта на строительство стояла сложная задача найти возможность постройки парома таких размеров и водоизмещения на данном предприятии. Было предложено разбить корпус судна на восемь частей (блоков) с габаритами, обеспечивающими их сборку в цеху, а формирование всего корпуса парома вести на открытой части стапеля. Выкатка на открытую площадку и последующая последовательная стыковка блоков должна начаться с носа и закончиться кормовым восьмым блоком.

В настоящее время параллельно с корпусными работами ведется заказная компания по выбору поставщиков комплектующего оборудования. Это сложный и долгий процесс, оборудование для парома нестандартное. Многим поставщикам придется адаптировать его к судну, а часть оборудования создавать специально. Несмотря на действующую программу импортозамещения, без части импортного оборудования обойтись не удастся. Тем не менее в условиях санкций в ближайшие месяцы ожидается завершение выбора основного оборудования, что даст возможность конструкторскому бюро «Вымпел» развернуть фронт работ по разработке РКД по все специализациям и строительным районам парома. ■

В июне Шамилю Гимбатовичу Алиеву, генеральному конструктору САПР завода «Дагдизель», доктору технических наук в области вооружения и военной техники ВМФ, профессору прикладной математики и вычислительной техники, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, лауреату Премии госкомоборонпрома России исполняется 75 лет.

Ш. Г. Алиев начал работу на заводе «Дагдизель» токарем, занимал последовательно должности инженера-конструктора, начальника расчетно-вычислительного отдела, главного инженера ОКБ по НИР, главного конструктора САПР, а с 2008 г. – генерального конструктора САПР. Впервые в СССР им были решены задачи по целому ряду проблем внутренней гидроаэродинамики торпед, позволивших вдвое сократить запуск отдельных подводных объектов, разрешить труднейшую проблему баллистики и приводнения торпед. Впервые в мировой практике решена задача устойчивости вихревой пелены за крылом конечного размаха.

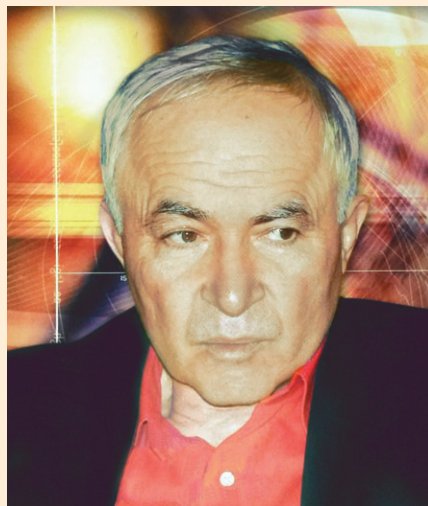
Под его руководством были теоретически разработаны и практически изготовлены стенды для контроля механических и гидрогазодинамических систем торпед. Ш. Г. Алиев принимал активное участие в проектировании, изготовлении, испытании порядка 30 тысяч торпед, выпущенных заводом за период его работы.



Шамиль Гимбатович имеет ряд авторских свидетельств на изобретения, в том числе на разработку уникального устройства для оценки переменных состояния объектов управления.

К 75-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА Ш.Г. АЛИЕВА

*Группа САПР ОКБ «Дагдизель»,
контакт. тел. +7(872) 268 1881*



«Аналитическое проектирование – это способ понимания прошлого, видения грядущего, а символы при этом – посредник между разумом и природой.»

В настоящее время он работает над проблемой создания контура гидродинамической каверны для специальных высокоскоростных торпед.

Ш. Г. Алиев – автор монографии «Специальная гидрогазодинамика», фундаментальной работы «Решение задачи неустойчивости свободной

вихревой пелены для малоизогнутого крыла большого удлинения», целого ряда научных статей и докладов на многих международных научных форумах. Он – руководитель проекта и соавтор не имеющих аналогов в мировой практике монографий «Фундаментальные технические комплексы. Теория аналитического проектирования», «Низкочастотное звукоизлучение развитых кавитационных течений», девяти томов малой энциклопедии «Торпедное оружие».

Ш. Г. Алиев избран в состав национального Комитета по теоретической и прикладной механике. Как основоположник теории аналитического проектирования включен в Российскую морскую энциклопедию и в Энциклопедию машиностроения РАН по тематике «Корабли и суда».

За исключительные заслуги, способствующие величию, славе и процветанию России, Ш. Г. Алиев награжден орденом Петра Великого 1-й степени.

Редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» поздравляют Шамиля Гимбатовича с юбилеем и желают ему здоровья и дальнейших успехов в развитии науки. ■



А динамика результатов судостроительного производства Российской Федерации обнаруживает ярко выраженный понижательный тренд после всплеска 2013 г., обусловленного резким ростом государственного оборонного заказа.

Даже в наиболее выгодном стоимостном выражении объем производства в 2017 г. снизился по сравнению с 2013 г. в 2,62 раза (табл. 1). Если же в качестве базового выбрать стартовый для разработки основных стратегических документов отрасли первого поколения 2007 г., а результаты измерить более объективным показателем компенсированного тоннажа, то результат окажется более негативным.

Фактический объем судостроительной продукции снизился с 220 тыс. cgt/ecgt до 130–140 тыс. cgt/ecgt в 2017 г. (в 1,7 раза), в то время как целевой установкой «Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу» (далее – Стратегия 2020) предусматривался рост в 1,31 раза [1].

Таким образом, главная целевая установка Стратегии 2020 выполнена лишь на 20%, при этом вместо намечавшегося роста производительности труда произошло его существенное снижение.

Что же касается основных целей Стратегии 2020: «на базе государственно-частного партнерства создать новый конкурентоспособный облик судостроительной промышленности в составе вертикально интегрированных научных и производственных бизнес-структур и принципиально улучшить ее положение на внутреннем и мировом рынках», то они, естественно, никем всерьез восприняты не были, попыток их выполнения не отмечено, однако причина их постановки, а затем – краха, заслуживают внимания.

Какие бы причины и аргументы ни приводились в обоснование неисполнения отраслевых стратегий и программ (кризисным явлениям в мировой экономике), и как бы ни продвигался единственный способ решения проблемы за счет использования технологий, тем не менее очевидно: причина неудач кроется в кризисе системы управления отраслью, и выход из него лежит именно в этой области.

Основным источником кризиса управления, по нашему мнению, является некритичное следование либерально-монетаристской экономической теории.

Исчезает «свободный рынок», в настоящее время 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

О ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОСТРОЕНИЕМ

А.В. Иванкович, канд. эконом. наук, начальник бюро финансового контроля, планирования и анализа АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. +7 (921) 377 0968, (812) 714 8575

Таблица 1
Общая стоимость сданных кораблей и судов, млрд. руб.

Наименование	Год						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего	66,0	125,0	254,2	146,8	116,9	139,5	97,0
Военные корабли	26,2	50,2	208,6	87,0	95,1	97,0	65,2
Гражданские суда	39,8	74,8	45,6	59,8	21,8	42,5	31,8

к пределу возможностей современного способа производства – потребления и системному цивилизационному кризису.

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

Движущей силой современного этапа стали процессы, происходящие в финансовом секторе, следовательно, они и должны рассматриваться как основа, на которой и предстоит сформировать требования к системе управления производственными системами, в том числе и к инструментарию таковой. 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 среды» как начального 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 развития формулируется системой управления, исходя из 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 государства;
- целеполагание должно стать результатом композиции государственной политики и не носить финансового характера, а сводиться к удовлетворению общественных потребностей;
- определение потребности должно носить внерыночный характер, выражаться недежным измерителем, а в перспективе – инструментами искусственного интеллекта;
- упреждающее развитие организационно-методического каркаса системы может вестись на базе упрощенных оценок, взаимосвязанных с исходной системой управления.

В настоящее время возможности для дальнейшего эволюционного развития экономической науки на базе традиционной парадигмы, основанные на триаде факторов, практически исчерпаны.

Признаками нарастания критической ситуации являются:

- обозначившийся переход к постиндустриальной эпохе: утрата промышленным производством доминирующей роли в экономике;
- переход капиталов и работников из реального сектора; снижение нормы прибыли;
- изменение финансовой системы; утрата 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 возможности рыночной конкуренции продукции служить силой прогресса; реконструкция и расширение государственного управления (в судостроении РФ доля государс-

твенного заказа превышает 85% объема производства).

В мировой экономической науке осмысление надвигающегося радикального изменения заняло около полувека – с 1972 по 2017 г. При этом научные представления, сложившиеся на момент начала и окончания этого периода накопления потенциала преобразований, зафиксированы в двух докладах международной общественной организации, аналитического центра западной экономической науки – Римского клуба. В первом из них – «Пределы роста», опубликованном в 1972 г., авторы постулировали идеи конечности достигшей тогда зрелости модели экстенсивного развития, основанной на капитализме, индустриализации и глобализации мировой экономики [2]. Однако за полстолетия, разделяющих появление двух основополагающих докладов Римского клуба, классический капитализм эволюционировал в более агрессивную форму – глобальный финансовый капитализм, который привел к вырождению капиталистического способа производства до уровня финансовых и банковских спекуляций. В докладе «Come on!» 2017 г. [3] президенты Римского клуба Э. Вайцекер и А. Вийкман признают полное банкротство всех рецептов, предложенных клубом, на протяжении 50 лет. По их мнению, глобальный капитализм уже полностью исчерпал себя, и человечество стремительно вступает в новую фазу развития, ставящую перед наукой, а затем и перед практической системой управления, множество принципиально новых проблем.

Президенты Римского клуба, выжив и представив научному сообществу объективную необходимость осуществления предстоящей трансформации миропорядка в формате управляемого фазового перехода (при этом – в мобилизационном режиме), и обосновали потребность в создании теоретической и методологической базы для радикального пересмотра господствующей парадигмы экономических исследований.

Дезавуированы теория циклического развития экономики (длинные и короткие волны), представление о решающей роли самопроизвольно возникающих технологических инноваций (технологических укладов) и другие устойчивые догмы. Ими выдвинута доктрина трехфазной парадигмы экономических исследований в переходном периоде от финансиализированного капитализма к постиндустриальному, пострыночному обществу будущего.

В первой фазе – объяснение и рефлексивный анализ наблюдавшейся до сих пор мировой динамики в категориях действительно-фактического; во второй – описание длящегося мирового кризиса, его искаженного восприятия и ошибочной философии, применяе-

мой для его оценки; наконец, в третьей фазе – накопление вероятностного набора вариантов (репертуара решений) для будущего мира.

Постулируя основные положения новой доктрины, авторы пока не успели мобилизовать на ее выполнение значительные научные силы и ресурсы.

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 качестве 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 эпох.

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

К сожалению, до настоящего момента эта проблема даже не была обозначена в контексте стратегического целеполагания. Ее масштаб не позволяет ни решать задачу трансформации управления эмпирическим методом проб и ошибок, ни достичь детальной разработки программы действий от начальной до конечной фазы реформирования. На современном этапе целесообразно действовать, начиная с создания научного задела по критическим концепциям будущей системы. Такая разработка также представляет собой многоэтапный дискурс 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.

В США и Западной Европе такая система (Technology Readiness Level-TRL) успешно применяется для управления разработки научного задела. Установлено девять уровней готовности, начиная с разработки основных принципов (TRL-1), формулировки новой концепции (TRL-2) до штатного использования разработки (TRL-9). В условиях столь сложной проблемы на данном этапе реально ограничиться уровнями TRL-1 и TRL-2 с достижением по отдельным вопросам уровня TRL-3 – аналитическое и/или экспериментальное подтверждение концепции.

Ограничив объект исследования судостроительной промышленностью и опираясь на накопленный научный за-

дел в области управления промышленным производством, можно выбрать в качестве предметов разработки согласно выдвигаемой гипотезе постиндустриального, постденежного и пострыночного управления следующие направления:

- создание внеденежной оценки, измерителей и результатов судостроительного производства;
- внерыночная оценка потребности в судостроительной продукции;
- постфинансовая оценка потенциала производственной системы и эффективности использования ресурсов;
- основные постулаты теории промышленной отрасли как части мезоэкономической теории;
- структурный аспект системы управления.

Четыре из перечисленных направлений тяготеют к категориям действительно-фактического, в то время как последняя имеет вероятностную природу и должна трактоваться в категориях возможного, поэтому ей следует уделить повышенное внимание.

Поставленной задаче полностью отвечает предложенный Э. Вайцекером трехфазный алгоритм решения проблемы, тем более что наши исследования проводились в той же структуре и в чем-то опередили исследования ученых Римского клуба.

Был выполнен анализ событий прошлого в категориях действительно-фактического и критический анализ восприятия действительности [4, 6], а также ошибочности философии стратегий и программ [5, 7]. Таким образом, российское судостроение уже располагает методическими и нормативными документами по всем пяти из вышеперечисленных направлений создания научного задела.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу» (утв. Приказом Минпромэнерго РФ от 06.09.2007 № 354).
2. *Медоуз Д. и др.* Пределы роста/Пер. с англ. – М.: Изд-во МГУ, 1991.
3. *Weizsaecker von E., Wijkman, A.* Come on! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. – Springer, 2018.
4. *Иванкович А.В.* Стратегии прошлые и будущие // Морской вестник. – 2017. – № 3 (63).
5. *Иванкович А.В.* Новые вызовы – новые подходы // Морской вестник. – 2018. – № 1 (65).
6. *Волостных В.В., Иванкович Т.С., Иванкович А.В.* Инструментарий рефлексивного анализа динамики отечественного судостроения // Морские интеллектуальные технологии. – 2016. – № 4 (34). – Т1.
7. *Волостных В.В., Иванкович А.В.* Аналитический обзор механизмов управления судостроением // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – № 2 (36) – Т1. ■

На общем собрании Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области в первом квартале 2018 г. обсуждались актуальные проблемы развития отрасли в сфере гражданского судостроения до 2025 г. и далее.

Было отмечено, что для ускорения процессов обновления российского гражданского флота, диверсификации и инновационного развития судостроительной отрасли необходимо обеспечить соблюдение баланса интересов государства, судостроительных предприятий и компаний-заказчиков, размещающих строительство на российских верфях современных высокотехнологичных морских судов (транспортных, рыбопромысловых, технического флота, специальной морской оффшорной техники).

Особое внимание, по мнению Ассоциации, необходимо уделить первоочередным мероприятиям, в том числе в 2018 г.:

1. Определить спрос на морские суда и соответствующие меры его экономического стимулирования при строительстве на российских верфях, для чего – сформировать Программу строительства морских судов и специальной морской техники на период 2019–2025 гг. (далее – Программа). Решение этой задачи требует совместных командных действий Правительства России, ряда федеральных и региональных министерств (ведомств). Программа должна быть обоснована заявками российских компаний (организаций, ведомств) по соответствующим сегментам экономики морского и речного транспорта, рыболовства, Администраций всех морских регионов, особенно Арктики и Дальнего Востока, морских портов, корпораций ТЭК и других предприятий, ведущих морские ресурсные и океанографические исследования, добычу, переработку и морскую транспортировку различных грузов (в том числе генеральных, водных и минеральных ресурсов и др.) в экономической зоне России, на континентальном шельфе и в Мировом океане.

Приведем конкретный пример предлагаемой процедуры формирования Программы по разделу обновление промыслового флота РФ:

Ассоциация судостроителей в 1 кв. 2018 г. направила в адрес Администрации Президента Российской Федерации предложение *сформировать в 2018 г. долгосрочную Программу строительства промысловых судов в процессе заключения государством Договоров о закреплении с 1 января 2019 г. за российскими компаниями квот на добычу морепродуктов в предстоящие 15 лет* (предусмотрено законом).

Ассоциация особо отметила тот факт, что значительное большинство (около 80%) морских промысловых судов по данным базового института Росрыболовства (АО «Гипрорыбфлот») состав-

ляют суда возрастом 26–40 лет и более и требуют замены в предстоящий 10-летний период.

Поэтому предлагается следующая процедура: каждая российская промышленная компания в заявке на выделение долгосрочных квот на добычу морепродуктов (являющихся государственным общенародным ресурсом), а также в конкретном пункте Договора о закреплении квот на 15 лет указывает (по рекомендации Правительства РФ и Росрыболовства) достоверные сведения о фактическом возрасте своих морских промысловых судов (с момента постройки) и принимает обязательство заменить определенное количество изношенных судов возрастом 26–50 лет новыми судами, построенными в ближайшие 10 лет на российских верфях.

Отмечаем, что если в ближайшие годы промысловый флот страны не будет интенсивно обновляться, то фактический возраст абсолютного большинства промысловых судов под российским флагом через 10 лет составит 40–55 лет и более, что недопустимо.

Кроме того, надо особо отметить увеличение за три последних года количество аварий морских промысловых судов старшего возраста (по данным «Гипрорыбфлота» – их аварийность возросла в 3 раза).

Поэтому формирование в 2018 г. Программы обновления флота и ее реализация при соответствующих мерах экономического стимулирования позволит обеспечить:

- выполнение Указа Президента РФ от 11.01. 2018 г. № 12 «Об утверждении Основ государственной политики РФ в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года» – по разделу предотвращение техногенных и природных катастроф в сфере добычи биоресурсов в морских водах;
- действенный контроль за состоянием и модернизацией основных активов промыслового флота страны, имеющего стратегическое значение для обеспечения продовольственной и оборонной безопасности государства.

Аналогичные разделы Программы строительства по всем другим типам граж-

данских морских судов должны быть разработаны с непосредственным участием соответствующих органов федеральной и региональной власти, в том числе:

- по транспортным судам (с учетом специфики их работы в каботаже при морской транспортировке генеральных и специальных грузов вдоль всего северного побережья России и в регионах ДВ); по исследовательским, специальным судам технического флота, ледоколам, спасателям, судам обеспечения; по морской оффшорной технике на шельфе, в том числе арктического класса.

2. Уточнить возможные меры государственной поддержки и экономического стимулирования развития судостроения и обновления гражданского флота РФ.

Существуют правовые акты РФ о мерах стимулирования юридических лиц, принимающих на себя обязательства в срок, предусмотренный специальным инвестиционным контрактом (СПИК), своими силами или с привлечением иных лиц реализовать на внебюджетные средства инвестиционный проект по созданию (модернизации) мощностей и (или) освоению производства современной промышленной продукции на мощностях предприятий РФ, в том числе:

- Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в РФ» (в ред. № 365-ФЗ от 31.12.2017);
- Постановление Правительства РФ от 16.12.2017 № 1564 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам, касающимся специального инвестиционного контракта».

Объем привлеченных внебюджетных инвестиций по обязательствам юридического лица и его партнеров в рамках СПИК должен составлять не менее 750 млн. руб., включая затраты на модернизацию мощностей, разработку НИОКР, приобретение прав на интеллектуальную собственность, конструкторскую документацию (КТД), патенты, лицензии и т. п.

Определен перечень адресных мер стимулирования СПИК на федеральном и (или) региональном уровне на срок до 10 лет для всех отраслей промышленности, включая судостроение, в том числе:

- субсидирование процентных ставок по кредитам и лизингу судов; льготы по налогу на имущество и по земельному налогу; льготы по налогу на прибыль (с ограничением предоставления этой льготы – до 2025 г.); ускоренная амортизация активов; отсрочка на срок до трех лет выполнения новых критериев локализации в интересах *безопасности и надежности при эксплуатации* создаваемой техники; гарантия не повышения совокупной налоговой нагрузки на инвестора; статус единственного поставщика при поставке продукции для федеральных нужд (по государственным заказам); отраслевые меры, например при обновлении российского флота);
- выделение инвестиционных квот на добычу водных биоресурсов компаниям, строящим на российских верфях новые промысловые суда,

- создание фонда утилизации морских и речных судов и выделение из него средств в размере до 10% стоимости нового судна,
- применение в период до 2027 г. пониженных тарифов страховых взносов (0,0 %) по выплатам и иным вознаграждениям членам экипажей судов, зарегистрированных в РМРС (ФЗ «Об обязательном пенсионном страховании в РФ» от 15.12.2001 № 167-ФЗ (ред. от 28.12.2017), ст. 33, пункт 4, пп. 9 и 11.

Необходимость и условия предоставления инвесторам и инициаторам проекта конкретных мер экономического стимулирования (из перечисленных выше) определяются в процессе рассмотрения и согласования СПИК и бизнес-плана инвестиционного проекта уполномоченными органами федеральной и региональной власти с учетом необходимости

обеспечения окупаемости инвестиций и обслуживания привлеченного инвесторами внебюджетного капитала в расчетный срок.

Типовая форма контракта СПИК указана в Постановлении Правительства РФ от 16.12.2017 № 1564 и вступает в силу с июня 2018 г.

Ассоциация судостроителей отмечает, что возможности, предоставляемые инициаторам СПИК законодательством и Постановлением Правительства РФ, целесообразно использовать при реализации инвестиционных проектов модернизации мощностей и организации серийного строительства на российских верфях в ближайшие 10 лет современных морских судов и специальной морской техники в интересах диверсификации и развития гражданского судостроения, ускорения обновления российского флота. ■

В настоящее время перед российской экономикой стоят задачи обеспечения существенного роста производительности труда и повышения конкурентоспособности предприятий. Поиск решения этих задач ведется путем создания модели стратегического развития, подразумевающей обновление, модернизацию или замену большей части используемых технологий и оборудования, а также существенное изменение производственных отношений.

С помощью проектных институтов, консалтинговых компаний или собственными силами каждое предприятие, которое стремится повысить свою конкурентную способность на ближайшее время или на более длительную перспективу, разрабатывает собственную стратегию развития. Подходы к разработке стратегий развития у всех разные, а результаты таких разработок во многом зависят от компетентности их авторов и объективности оценки перспективы рынка хотя бы на планируемый период окупаемости инвестиций. В принципе все разрабатываемые стратегии развития предприятий можно разделить на два типа; стратегии эволюционного развития и стратегии революционного развития. Реализация мероприятий любой из этих стратегий будет зависеть, в первую очередь, от инвестиционных возможностей каждого предприятия.

Многие машиностроительные предприятия, особенно те, которые взяли на себя выпуск продукции, замещающей импорт, свои стратегии построили на революционном развитии, подразумевающим внедрение самых передовых мировых технологий или создание собственных технологий, которые могут быть конкурентоспособными не только в стране, но и на мировых рынках. Это вполне оправданно для предприятий,

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА И КАЧЕСТВА СТРОЯЩИХСЯ СУДОВ

А.С. Соловьев, ген. директор, председатель Союза машиностроителей Ленинградской области,

Г.В. Тарица, канд. техн. наук, советник ген. директора, ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. (81378) 264 32, 286 86

выпускающих серийную продукцию, но экономическая целесообразность реализации стратегий революционного развития для судостроительных и других предприятий, выпускающих мелкосерийную и единичную продукцию, пока еще не доказана.

Некоторые судостроительные предприятия провели глубокую модернизацию своих производственных мощностей, воспользовавшись действующими инструментами государственной поддержки в рамках федеральных целевых программ, однако такие возможности были лишь у тех, кто выпускал продукцию военного назначения или осваивал принципиально новые технологии, имеющие значение для всей отрасли.

Для большинства российских судостроительных предприятий стратегии их развития направлены в основном на сохранение жизнеспособности на рынке и на своевременное и качественное выполнение текущих производственных задач. В таких случаях в стратегии развития закладываются мероприятия, направленные на поддержание работоспособности существующих мощностей, решаются проблемы узких мест, а глубокое технологическое обновление за счет внедрения новых технологичес-

ких разработок, требующих более значительных инвестиций, откладывается на более поздний срок, на лучшие времена. Такой подход к развитию многими специалистами характеризуется как малоперспективный и не позволяющий ликвидировать технологическое отставание от мировых лидеров, однако, по нашему мнению, он целесообразен при ограниченных инвестиционных возможностях, так как-хоть и в незначительной степени, но все-таки обеспечивает дальнейшее развитие предприятия.

За последние годы, начиная с 2006 г., на Выборгском судостроительном заводе было разработано несколько стратегий развития. В стратегии развития от 2006 г. были заложены мероприятия, направленные на решение технологических задач, которые должны были обеспечить эффективное строительство двух полупогрузных буровых платформ для «Газпрома», а также судов ледового плавания и ледоколов, которые мы рассматривали как перспективные проекты. В период с 2006 по 2010 гг. мы внедрились самую современную технологию на линии первичной обработки металлопроката, установили новые машины тепловой резки и линию резки профиля, которые обеспечивают с большим запасом наши пот-

ребности и соответствуют самым высоким технологическим стандартам. Было обновлено крановое оборудование на участках сборки секций для обеспечения требуемой грузоподъемности. Были построены и запущены в эксплуатацию окрасочные камеры, соответствующие самым высоким требованиям к технологии и экологии, позволяющие нам выполнять окраску крупных блоков. Вследствие ограничений мест окончательной сборки судов с целью сокращения стапельного периода мы оборудовали площадки для укрупнения блоков и ввели в эксплуатацию современные средства их доставки от участка формирования, насыщения или хранения до площадки, на которой происходит формирование цельного корпуса судна. Как наиболее приемлемыми были выбраны самоходные модульные транспортеры на пневматическом ходу. Заводом были закуплены выбранные транспортные средства и частично проведена реконструкция путей перевозки крупногабаритных блоков с увеличением их максимальной нагрузки.

В 2015 г., в рамках разработки стратегии развития ОСК, ведущим институтом технологии судостроения АО «ЦТСС» были разработаны проекты перспективного развития дочерних обществ, входящих в корпорацию, в том числе и ПАО «Выборгский судостроительный завод». Проектом была предусмотрена модернизация завода до уровня передовых европейских верфей. Требуемый объем инвестиций в такой проект составлял более 23 млрд. руб. Реализация данного проекта предполагалась за счет разрабатываемой на тот момент федеральной целевой программы развития судостроения. Ни одно мероприятие, предусмотренное этим проектом, не было реализовано из-за отсутствия инвестиционных средств.

Не располагая значительными инвестиционными возможностями, в 2017 г. ПАО «Выборгский судостроительный завод» разработал новую стратегию развития, направленную на техническое перевооружение действующего производства для обеспечения эффективного строительства серии рыболовных судов. Принятый нами комплекс мероприятий предусматривает повышение до современных требований технического уровня отдельных участков производства за счет внедрения новой техники и технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены физически и технически устаревшего оборудования. Проектом предусмотрена также модернизация некоторых объектов основных фондов, таких как открытый стапель, наливная доковая камера, некоторые склады и др. Целью модернизации и технического перевооружения по этому проекту является увеличение производ-

ственных мощностей, улучшение качества при обеспечении роста производительности труда, сокращение трудоемкости, снижение себестоимости строящихся судов, экономия материальных и энергетических ресурсов, а также улучшение других технико-экономических показателей работы завода в период строительства серии рыболовных судов.

Стимулирование модернизации производственных мощностей только начинает входить в поле зрения государства. На данный момент экономическая государственная политика как на федеральном, так и на региональном уровне, еще не включает мер, непосредственно стимулирующих предприятия к модернизации и развитию производственных систем. Вместе с тем опыт многих стран показывает, что и в исторические времена и в настоящее время, создание конкурентных преимуществ в национальном судостроении обеспечивается в значительной степени государством, в особенности на этапах начального развития или восстановления после кризисных периодов. Основной смысл государственной поддержки заключается в обеспечении возможности национальным судостроительным предприятиям успешно конкурировать с зарубежными компаниями за счет высокого технологического уровня, высокой производительности и конкурентного уровня цен на строящиеся суда, достижение которых обеспечивается за счет государственных инвестиций и компенсации большей части затрат, применения разных форм и механизмов стимулирования и поддержки судостроителей, судовладельцев, изготовителей оборудования и комплектующих, исследователей и проектировщиков.

Многие страны создавали и поддерживали свою судостроительную промышленность при помощи первоначальных государственных инвестиций и различных инструментов. Практически все судостроительные верфи Японии в 50-х гг. прошлого столетия были построены за счет государственных средств или при значительной доле участия государства. В конце 50-х гг. специально созданным экспортно-импортным банком Японии была сформирована система финансирования строительства судов на своих верфях. К середине 60-х гг. кредиты от этого японского банка судостроительным верфям достигали 80% от требуемых объемов, со сроком возврата 8–10 лет, при фиксированной ставке 5,5% и меньше. Такие условия кредитования японских верфей сохраняются и по настоящее время.

В странах Европы, где такая помощь была недостаточна для выживания отрасли, для ее спасения и модернизации пошли на национализацию судостроительных верфей. С 1975 по 1979 г. были национа-

лизированы около 90% верфей Италии, Испании и Швеции, большая часть судостроительных верфей Великобритании и Дании, практически все верфи в Нидерландах [1]. Только после глубокого перевооружения и спада кризиса была вновь начата обширная приватизация европейских верфей. Также были национализированы и полностью реконструированы по самому современному на то время уровню верфи бывшей ГДР в начале 90-х гг., а приватизированы они были только после начала их устойчивой работы.

Во многих странах, признанных лидерами в гражданском судостроении, реализуется государственная протекционистская политика, основанная на принципе: любая морская деятельность, базирующаяся на национальных ресурсах, должна осуществляться национальными компаниями с использованием морской техники и судов, произведенных на национальных верфях.

Таким образом, формы и методы помощи судостроению в различных странах различны. Наряду с наличием международных документов, регламентирующих и ограничивающих государственную поддержку судостроению, во многих государствах приняты специальные законы и программы по поддержке национального судостроения, что является основой промышленной политики в области судостроительной отрасли.

На протяжении многих лет Выборгский судостроительный завод являлся одним из лидеров освоения новых технологий и методов строительства судов, что позволяло и позволяет нам строить ледоколы, буровые платформы и другие сложные суда качественно и в срок. Мы хорошо знаем уровень наших компетенций и общий уровень по промышленности, знаем, какие меры необходимо принять для повышения этого уровня. Мы осознаем необходимость системных изменений в техническом, технологическом и организационном развитии своего завода, ОСК и отрасли в целом и готовы серьезно работать в этом направлении, особенно в рамках государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Логачев С. И., Чузунов В. В., Горин Е. А.* Мирное судостроение: современное состояние и перспективы развития. – СПб., МорВест, 2009. – 544 с.
2. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 8.12.2010 г. № 2205-р.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». Утв. распоряжением Правительства РФ от 24.12.2012 г. № 2514-р. ■

На сегодняшний день в судостроении выполнение требований, содержащихся в рабочей конструкторской документации (РКД), становится все более актуальным. Применение на современных атомных подводных лодках (АПЛ) высокоточных комплексов вооружения, систем автоматики и прецизионного оборудования обуславливает необходимость модернизации существующих методов проектирования и контроля при их строительстве.

Решить данную задачу в ближайшей перспективе позволит внедрение технологий трехмерного проектирования и контроля, включающих в себя метод строительства заказа в «точной геометрии». Под этим понятием подразумевается комплекс мероприятий по осуществлению строительства заказа, а также контроля геометрии изготовленных конструкций и смонтированного оборудования с повышенными требованиями к точности, уменьшением допусков и учетом размеров деталей, изготавливаемых «по месту». При этом документация, используемая при строительстве, должна стать ассоциативной, т.е. выпускаться на основе электронной модели корабля и автоматически обновляться при внесении корректировок в модель.

Все изменения будут вноситься в первую очередь в модели и затем уже переноситься в РКД. В свою очередь, поддержание электронной модели корабля в актуальном состоянии во время строительства должно быть неотъемлемой частью проектирования и отработки конструкций как на головном, так и на серийных заказах. Данный метод позволяет реализовать принцип постоянной обратной связи между теоретической моделью и реальным изделием. При этом этапы создания трехмерной модели должны опережать соответствующие этапы строительства на необходимый для подготовки производства срок.

Структурно электронная модель заказа должна быть сформирована из блок-модулей (БМ). Это необходимо, так как при блочно-модульном способе строительства БМ являются основными составными частями заказа [5]. На каждом БМ необходимо предусмотреть контрольные точки, по которым будет осуществляться его позиционирование в виртуальном пространстве. Контрольные точки необходимо располагать в таком месте, чтобы обеспечить их видимость для измерительных систем на всех этапах строительства корабля. Для удобства координирования изделий, составляющих внутреннее насыщение каждого БМ, следует назначить точку отсчета координат.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «ТОЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

М.А. Будниченко, канд. техн. наук, заслуженный машиностроитель РФ, ген. директор,
А.Ю. Спиридонов, начальник отдела, АО «ПО «Севмаш»,
контакт. тел. +7 (902) 195 1219

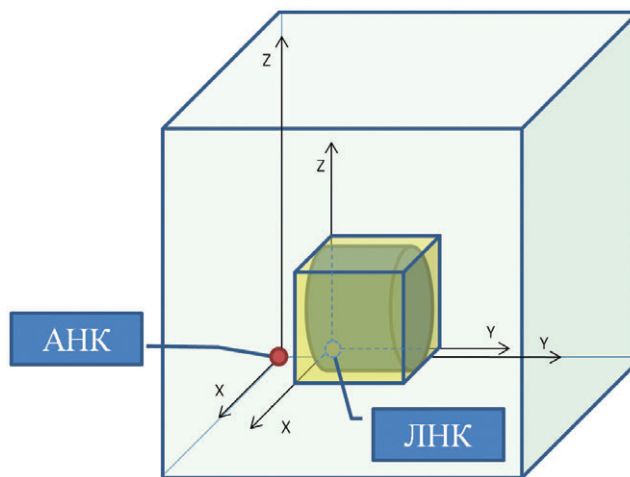


Рис. 1. Кубическая сеть координат

В РКД координаты всех конструкций должны задаваться относительно начала системы координат (СК) заказа – абсолютного начала координат (АНК) – и пересчитываться относительно начала локальной СК БМ – локального начала координат (ЛНК) (рис. 1). Для упрощения расчетов начало СК заказа, соответствующее началу СК электронной модели, задается таким образом, чтобы все координаты БМ и изделий имели положительное значение.

Если для оборудования назначено число контрольных точек, равное i , то для контроля его размещения и размеров относительно ЛНК составляется локальная контрольная матрица:

$$A = \begin{Bmatrix} x_{l1} & y_{l1} & z_{l1} \\ x_{l2} & y_{l2} & z_{l2} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{li} & y_{li} & z_{li} \end{Bmatrix}.$$

Аналогичная контрольная матрица составляется для j контрольных точек блок-модуля относительно АНК:

$$B = \begin{Bmatrix} x_{a1} & y_{a1} & z_{a1} \\ x_{a2} & y_{a2} & z_{a2} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{aj} & y_{aj} & z_{aj} \end{Bmatrix}.$$

В случае пересчета координат оборудования относительно АНК вводят-

ся координаты смещения Δ , численно равные координатам ЛНК в АНК.

Тогда координаты оборудования относительно АНК будут вычисляться по формуле

$$C = \begin{Bmatrix} x_{l1} & y_{l1} & z_{l1} \\ x_{l2} & y_{l2} & z_{l2} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{lj} & y_{lj} & z_{lj} \end{Bmatrix} + \Delta = \begin{Bmatrix} x_{p1} & y_{p1} & z_{p1} \\ x_{p2} & y_{p2} & z_{p2} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{pk} & y_{pk} & z_{pk} \end{Bmatrix}.$$

Таким образом, получаем набор контрольных матриц, с помощью которых можно отследить положение оборудования относительно АНК и относительно ЛНК. Для контроля геометрии оборудования возможно введение отдельной матрицы координат объекта с объектным нулем координат. Контроль суммы координат матрицы объекта позволит оперативно выявлять деформации оборудования, а контроль сумм матриц относительно ЛНК и АНК – его сдвиг.

Для строительства заказа по технологии «точной геометрии» должна быть реализована единая электронная сеть координат (рис. 2).

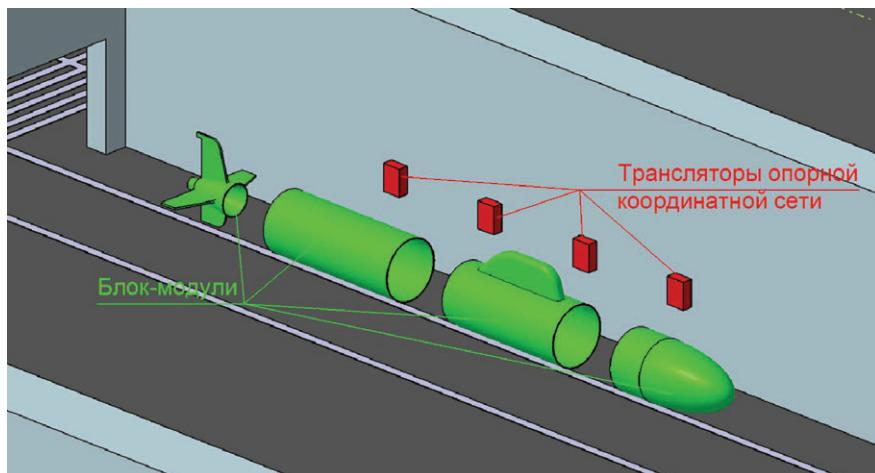


Рис. 2. Единая электронная сеть координат

Единая электронная сеть координат (ЕЭСК) – это система, состоящая из ряда приборов, обеспечивающих позиционирование и ориентирование БМ относительно АНК, а также позиционирование оборудования внутри БМ относительно ЛНК.

В корпусосборочном производстве и на каждой стапельной нитке необходимо организовать такую электронную систему для позиционирования БМ и трансляции информации на приборы контроля и разметки.

Прибор контроля и разметки (ПКР) – устройство, позволяющее определять точные координаты любой точки объекта в ЕЭСК при помощи систем позиционирования (рис. 3). С применением ПКР оперативно контролируется размещение оборудования и выявляются ошибки монтажа.

Перспективным направлением также является применение портативных систем дополненной реальности. Данная технология (успешно внедренная, в частности, в зарубежном

самолетостроении) позволит непосредственно на заказе визуализировать компоновку отсека до установки оборудования путем наложения виртуальной модели на физический объект в реальном времени.

Важное требование к электронной модели корабля – моделирование корпусных конструкций «в точной геометрии». Такой подход позволяет использовать модель при плазово-технологической подготовке производства: выпускать документацию для изготовления деталей, каркасов, постелей, шаблонов, формировать управляющие программы для резки металла и выпускать альбомы сборки и контроля конструкций. Далее после контроля уже изготовленных конструкций с использованием современных измерительных систем (трехмерных лазерных сканеров, трекеров, тахеометров) модель актуализируют. Таким образом, она постоянно отражает реальное состояние заказа.

Также актуален для размерного контроля изготовленных конструкций до формирования БМ метод лазерного сканирования. Он позволяет получить для уже изготовленных конструкций облако точек, описывающее фактическую геометрию сканируемого объек-

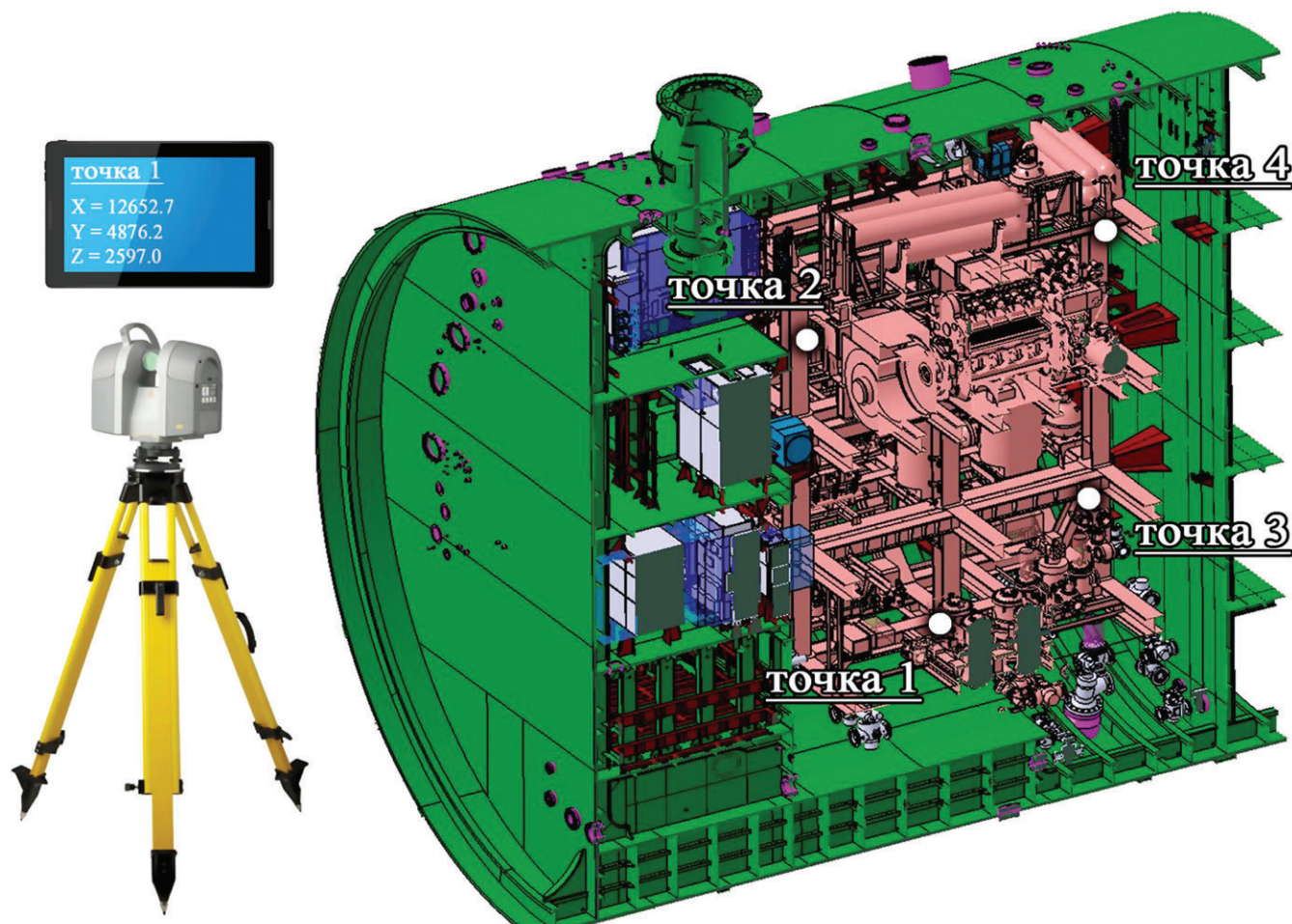


Рис. 3. Прибор контроля и разметки

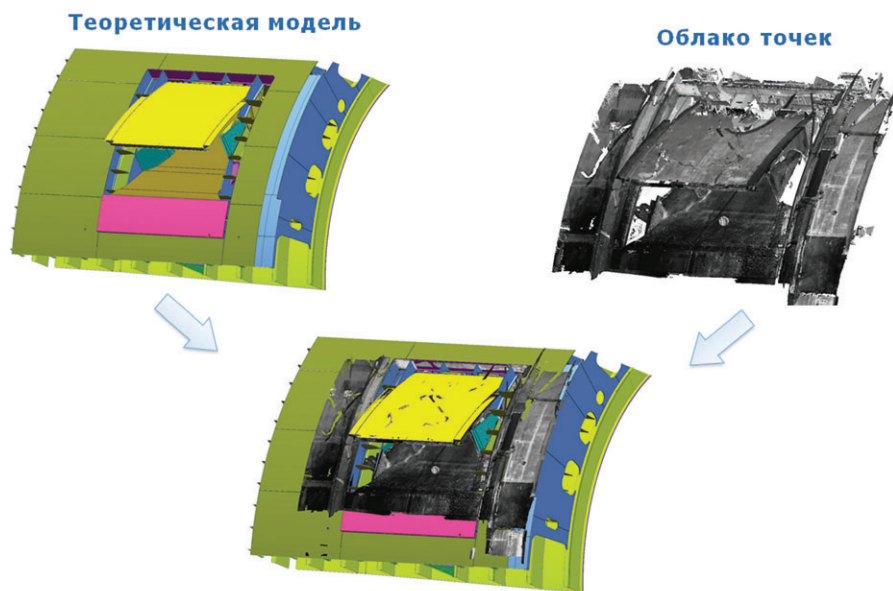


Рис. 4. Совмещение облака точек и теоретической модели

та. Путем совмещения облака точек и теоретической модели определяются отклонения формы и геометрии контролируемого объекта [7] (рис. 4).

В настоящее время данный метод успешно внедряется в АО «ПО «Севмаш», где технология лазерного сканирования применяется для размерного контроля изготовленных конструкций и актуализации проектной электронной модели заказа. Для обеспечения этих работ были разработаны соответствующие методики: «Трехмерное лазерное сканирование объектов» [2] и «Создание 3D-модели «как построено»» [1].

Метод «точной геометрии» также имеет перспективы при решении задач автоматизации процесса изготовления трубопроводов. Созданная в трехмерной модели геометрия позволяет перейти к натурному макетированию, благодаря чему большинство труб для заказа можно будет изготавливать на станках с числовым программным управлением [4, 6]. Участие конструкторов в макетировочных комиссиях сведется к согласованию забойных частей, что в итоге приведет к сокращению времени на изготовление трубопроводов.

Измерительные системы следует использовать не только для контроля формы и размеров корпусных конструкций, но и для проверки точности размещения сварного насыщения, фундаментов, оборудования, креплений кабельных трасс и других элементов при выполнении работ по компоновке помещений корабля.

Моделирование при компоновке помещений должно выполняться методами и средствами, позволяющими в дальнейшем моделировать производственные процессы. Так, в АО «ПО «Севмаш» в этих целях была разработана и внедрена методика «Моделирование в системе автоматизированного проектирования «САТИА» [3], определяющая последовательность и правила выполнения данных работ. Благодаря этому будет возможна оптимизация погрузки крупногабаритного оборудования и сборочно-монтажных единиц в БМ, а также их перемещение и стыковку. На основе данных, полученных в результате проработки производственных процессов с помощью электронной модели, уточняются размеры и расположение технологических вырезов, определяется оптимальная по-

следовательность погрузки и монтажа оборудования, а также формируются производственные графики этапов строительства заказов.

В итоге, реализация методов «точной геометрии» и введение технических средств, обеспечивающих функционирование единой электронной координатной системы, позволит перейти к постройке заказов в точном соответствии с проектной документацией и получить актуальные модели, отражающие итоговое состояние заказа. Полученные данные далее могут быть использованы для обслуживания заказа, выполнения ремонтных работ и при разработке следующих поколений АПЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. 89.13-1.01.518–2015. Трехмерное лазерное сканирование объектов: Методика. – АО «ПО «Севмаш».
2. 89.13-0.03.530–2015. Создание 3D модели «как построено»: Методика. – АО «ПО «Севмаш».
3. 89.32-1.03.545–2017. Моделирование в системе автоматизированного проектирования «САТИА»: Методика. – АО «ПО «Севмаш».
4. Будниченко М.А., Спиридонов А.Ю. Модернизация конструкторско-технологической подготовки производства и процессов строительства кораблей // Тр. «Крыловского государственного научного центра». – 2015. – Вып. 90(374). – С. 187–194.
5. Будниченко М.А., Спиридонов А.Ю., Кузьмин В.В. Разработка и перспективы внедрения позиционно-сборочной технологии строительства атомных подводных лодок // Тр. «Крыловского государственного научного центра». – 2017. – Вып. 3(381). – С. 133–138.
6. Спиридонов А.Ю., Дрондель В.Г. Информационно-технологический комплекс проектирования и изготовления судовых трубопроводов «САТИА-ПРОТОК» // Рациональное управление предприятием. – 2015. – №3(2015). – С. 58–60.
7. Спиридонов А.Ю., Кривчиков А.В. Разработка и внедрение технологии реверс-инжиниринга в АО «ПО «Севмаш» для постройки АПЛ 4-го поколения. – Сб. докладов науч.-техн. конфер. «Становление и развитие атомного подводного кораблестроения». Северодвинск, 2016, с. 89–90. ■

В соответствии с условиями современного рынка предъявляют все более жесткие требования к оптимизации бизнес-процессов в области логистики и автоматизации складских комплексов.

На сегодня большая часть складских комплексов российского рынка, в том числе в судостроении, оборудована классическими статичными фронтальными стеллажами для хранения продукции. Это позволяет использовать всю высоту складского помещения, но доступ к продукции возможен только при наличии специальной погрузочно-разгрузочной техники, такой как ричтраки, штабелеры, высокоуровневые комплектовщики заказов. Эта техника требует повышенных мер безопасности и наличия специально обученного персонала.

Современные производственные предприятия строятся с учетом перспективных технологий, и в нашей стране уже есть успешные примеры использования автоматизированных вертикальных систем хранения и извлечения. Они нашли свое применение в таких отраслях, как:

- станкостроение;
- металлургия;
- автомобилестроение;
- производство керамики;
- химическая промышленность и фармацевтика;
- электронная промышленность;
- производство пищевых продуктов;
- машиностроение;
- целлюлозно-бумажная промышленность.

В качестве примера можно привести хранение инструментальной оснастки в машиностроении, деталей машин в автопроме, компонентов электронной техники на приборостроительных предприятиях и т.п.

Производитель автоматизированных складских систем для промышленных и коммерческих предприятий – компания Modula – предлагает по-новому подойти к организации складских помещений.



Складское помещение

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ЛОГИСТИКИ СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ

*Д.А. Веригин, начальник отдела ООО «Пумори-северо-запад»,
контакт. тел. +7 (921) 751 4271*



Автоматизированные складские системы нового поколения от Modula позволяют сократить логистические расходы и снизить затраты на выполнение складских операций.

Автоматический склад Modula позволяет экономить время, оптимизировать затраты на персонал при поиске, подборе и загрузке материалов в складах любого масштаба. Внутри стеллажей склада Modula полки с товарами перемещаются карусельной платформой, доставляя необходимые наименования оператору подбора. Автоматизированный склад можно трансформировать для оптимизации его использования в зависимости от имеющейся площади помещения.

Автоматизированный шкаф Modula (см. рисунок) позволяет сохранить до 90% складских площадей, сокращая расходы на логистику и выполнение складских операций. Решения от Modula повышают общую продуктивность работы склада и улучшают логистическую систему в целом. Экономия на затратах по управлению складом – вот основное преимущество Modula. В какой бы области ни работала компания – автоматические склады Modula станут оптимальным решением для вашего бизнеса.

В стоимость каждого нового склада Modula входит стоимость базового программного обеспечения, которое включает основные инструменты управления складом: журнал артикулов, графическое управление ячейками, возможность сбора товарно-материальных ценностей с помощью прямого заказа или обращения к артикулу. Производителем предусмотрена возможность удаленного подключения к складу через интернет. В случае возникновения неполадок в системе модуль удаленной помощи позволяет проводить диагностику и оперативно исправлять ошибки.

В зависимости от потребностей заказчика производителем могут быть подключены другие важные наборы функций, например, управление хранением, обеспечивающее защиту от несанкционированного доступа персонала к полкам; автоматический и управляемый обмен данными со сторонней хост-системой; динамическое управление ячейками; комплексное управление процессом; инструментальный статистический анализ склада; настраиваемые формы отчетов и др.

Благодаря автоматизации работы склада возрастает скорость обработки заказов, в несколько раз ускоряется проведение складских операций, увеличивается пропускная способность склада, оптимизируется использование его площадей, на порядок снижаются потери товара. За счет сокращения объема рутинной работы повышается эффективность работы складского персонала, а время его обучения после внедрения системы автоматизации склада составляет менее одного часа. Автоматизация склада также позволяет сократить количество необходимого персонала. ■

Надводное военное кораблестроение бурно развивалось на протяжении XX в. в целом ряде государств, от основных морских держав до стран третьего мира, и эта тенденция сохранилась и в начале XXI в. Проектируют и строят не только крупные корабли классов авианосец, крейсер и эскадренный миноносец, но и фрегаты, корветы (в том числе нового подкласса кораблей прибрежной зоны проекта LCS), а также десантные корабли всех подклассов. В последнее время в строительстве надводных кораблей применяются все более совершенные передовые технологии, которые позволяют создавать проекты, обеспечивающие беспрецедентное повышение их боевых и технических возможностей в ходе боевых действий и военных операций любого масштаба и различной направленности.

Наряду с повышением показателей боевой эффективности перспективных боевых кораблей должны обеспечиваться:

- приемлемая по критерию «стоимость–эффективность» стоимость постройки и эксплуатации в течение всего жизненного цикла;
- экономичность и эффективность корабельных энергетических установок, способных обеспечить скорость полного хода 30–33 уз и не менее 18–20 уз при волнении моря до 6–7 баллов, дальность плавания не менее 4000 миль со скоростью хода 18–20 уз, автономность плавания не менее 30 сут.

Поэтому параллельно с совершенствованием комплексов корабельного оружия и вооружения происходит развитие корабельных энергетических установок (ЭУ). Основная направленность развития ЭУ обусловлена стремлением конструкторов реализовать на боевых кораблях последние достижения в области корабельного энергомашиностроения, а также обеспечить соответствие ЭУ задачам, решаемым кораблями.

В настоящее время корабельная энергетика в развитых зарубежных странах переживает переломный момент. Всережимные и комбинированные ЭУ различного типа, используемые на большинстве кораблей ВМС зарубежных стран, исчерпали свой потенциал модернизации – затрачивая колоссальные средства, разработчики способны лишь незначительно улучшить характеристики корабельных энергетических установок (КЭУ). В этой связи большие надежды зарубежные специалисты возлагают на компоновочную схему ЭУ нового поколения типа «объединенная энергетическая система» (IPS – Integrated Power System), в которой реализуется концепция «полного электрического движения» (Full Electric Propulsion)

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ВМФ

А. С. Лобанов, капитан 1 ранга, начальник кафедры энергетических установок (неядерных) ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. +7 (981) 728 9701

и «полностью электрифицированный корабль» (Full Electric Ship). Эта перспективная ЭУ обладает значительно более высокими техническими возможностями в сравнении с современными и способна обеспечить надежную работу всех корабельных систем, включая вооружение, требующую больших затрат энергии.

Концепция «полного электрического движения» подразумевает использование на всех ходовых режимах только гребные электродвигатели (ГЭД). Реализация концепции так называемого полностью электрифицированного корабля предполагает полный отказ от пневматических, паровых и гидравлических приводов главных и вспомогательных механизмов и систем корабля и замену их электроприводами. Хотя такая компоновочная схема корабельных ЭУ известна достаточно давно, несовершенство доступных в свое время технологий не позволяло создать для надводных кораблей и подводных лодок всережимную ЭУ, отвечающую требованиям по мощности и массогабаритным характеристикам (МГХ), где роль главных двигателей играли бы исключительно электромоторы, работающие на всех ходовых режимах. Этим объяснялось преимущественное оснащение надводных кораблей ВМС ЭУ с механической передачей мощности на винт.

В настоящее время подход к применению электрического движения изменился, благодаря разработке ряда новых технологий. Стало возможным создание объединенной электроэнергетической системы (ОЭЭС), значительно превосходящей по ряду технико-экономических характеристик современные типы КЭУ.

Одна из них – технология производства твердотельных полупроводников, используемых в силовом электрооборудовании, которая позволяет значительно снизить МГХ электрооборудования. Более того, новые технологии конструкционных материалов (ключевыми из которых являются технологии производства постоянных магнитов с полем большой индуктивности и высокотемпературных сверхпроводников), а также заимствованные из электромашиностроения технологии производства усовершенствованного 15-фазного асинхронного гребного электродвигателя (AIM – Advanced Induction Motor) позволяют значительно увеличить удельную мощность (кВт/кг) и КПД установки.

ЭУ нового поколения разработаны и успешно используются на боевых надводных кораблях передовых морских держав, например, на эскадренных миноносцах (ЭМ) УРО типа «Daring» ВМС Великобритании и ЭМ УРО типа «Zumwalt» ВМС США.

Характеристики ГЭД кораблей типа «Daring» и «Zumwalt» представлены в табл. 1.

Кроме гребных электродвигателей, компанией American Super conductor разработаны электрические генераторы с обмотками, где реализован эффект высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), характеристики которых представлены в табл. 2.

Объединенная энергетическая система (IPS – Integrated Power System) предусматривает интеграцию составных частей корабельной ЭУ (ГЭУ и ЭЭС) в единую систему с централизованным управлением и контролем. Ее ядром является ЭЭС корабля, выраба-

Таблица 1

Основные ТТХ ГЭД

Характеристика	Усовершенствованный асинхронный ЭД AIM ЭМ УРО типа «Daring»	Синхронный ВТСП ЭД (опытный образец) ЭМ УРО типа «Zumwalt»
Номинальная мощность, МВт	21	36
Частота оборотов ротора, об/мин	150	120
Масса модуля (с фундаментной рамой), т	117	75 (с криогенной системой)
Занимаемый объем, м ³ , и габариты (Д×Ш×В), м	85,5 (4,75×4,5×4)	45,7 (4,2×3,3×3,3)

Таблица 2

Основные характеристики генераторов с обмотками из ВТСП-материалов, разработанных компанией American Super conductor

Характеристика	Мощность генераторов, МВт	
	40	50
Частота вращения, об/мин	3600	3600
Количество полюсов	2	2
Коэффициент мощности cos φ	0,9	0,9
Количество фаз	3	3
Напряжение, кВ	13,8	13,8
Коэффициент полезного действия, %	98,9	99,0

твующая и распределяющая электроэнергию как на корабельные системы и механизмы, так и на гребные электродвигатели, обеспечивающие ход корабля. Иными словами, ОЭЭС использует общий первичный источник выработки электроэнергии для обеспечения движения и электроснабжения всех корабельных систем – от систем оружия до систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Применением передовых технологий в сочетании с новой компоновочной схемой ОЭЭС достигается улучшение тактико-технических характеристик (ТТХ) и технико-экономических показателей не только КЭУ, но и корабля в целом. Главными преимуществами архитектуры построения таких систем по сравнению с традиционными КЭУ с механической передачей крутящего момента на винт являются [2, 3] следующие:

- *обеспечение большей гибкости в размещении элементов КЭУ*, так как только ГЭД должны быть механически соединены с гребным валом. Остальные элементы КЭУ могут быть размещены в различных отсеках, что благотворно влияет на обеспечение живучести;
- *эффективность*: КПД любого теплового двигателя тем выше, чем более его нагрузка приближается к номинальному значению. Архитектура построения ОЭЭС обеспечивает работу по принципу электростанции, где выработка электроэнергии происходит посредством генераторов, количество и номинальная мощность которых тщательно подбираются согласно общей нагрузке, необходимой для обеспечения движения и работы корабельных потребителей, в соответствии с ходовыми режимами корабля;
- *низкий уровень шума и вибрации* (в ГЭУ с механической передачей энергии на винт для снижения шумности используется дополнительное оборудование, такое как специальные фундаменты и эластичные муфты);
- *снижение массогабаритных харак-*

теристик. Сокращение количества главных двигателей и отсутствие главных редукторных передач (ГРП), а также протяженных линий вала компенсируют недостаток КЭУ с ОЭЭС, вызванный громоздкостью гребных электродвигателей и генераторов электроэнергии. Кроме того, высокий КПД ОЭЭС позволяет снизить расход топлива, а следовательно, и объем его запасов на корабле при использовании аналогичных ходовых режимов;

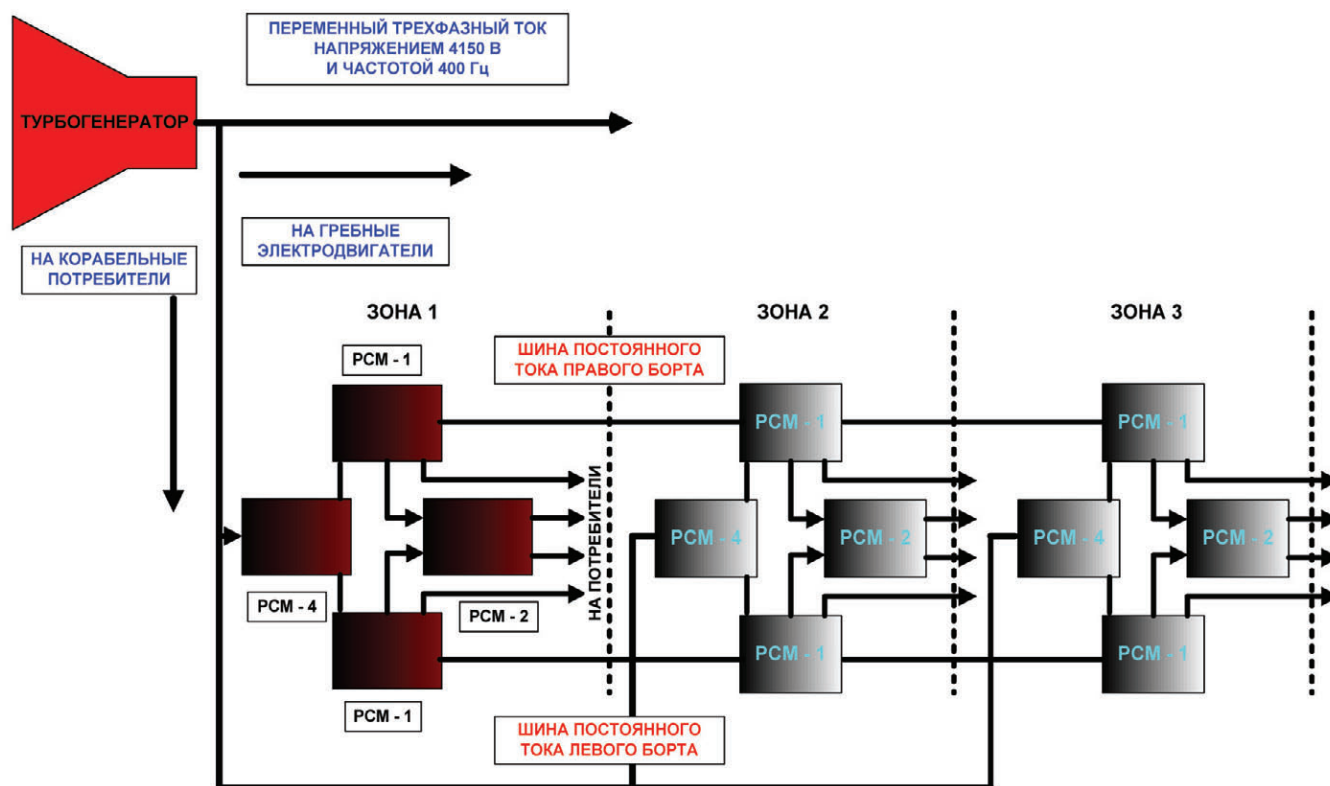
- *надежность*: в ГЭУ с механической передачей энергии на винт неполадки главного двигателя или ГРП приводят к полной остановке соответствующей линии вала. В ОЭЭС может применяться встроенное резервирование для поддержания хода корабля на приемлемом уровне даже при аварийном или боевом повреждении. Электрические машины могут иметь более чем одну группу обмоток, которые независимо друг от друга питаются от разных источников, что позволяет одну группу изолировать в случае повреждения другой группы или источника питания и функционировать агрегату даже на пониженных нагрузках в аварийном режиме. Хотя силовая электроника достаточно сложна и имеет большое количество компонентов, что, по расчетам, ведет к снижению надежности системы, на практике был продемонстрирован довольно высокий результат – наработка на отказ превышала 100 000 ч [2, 3];
- *закупочная стоимость ОЭЭС* будет существенно выше, чем для ГЭУ с механической передачей энергии на винт, однако меньшее количество главных двигателей, применение винтов фиксируемого шага (ВФШ) и более умеренные эксплуатационные расходы (в результате высокой экономичности технического обслуживания) позволят в целом снизить стоимость жизненного цикла;
- *высокий уровень автоматизации* и надежности электрической ГЭУ ведут к сокращению численности об-

служивающего ее персонала. В зависимости от требований заказчиков и, следовательно, от выбранной системы управления и контроля установкой многие современные корабли проектируются с необитаемыми машинными отделениями, доступ в которые разрешается только в случае проведения ремонтных регламентных работ и инспекций. Все это также приводит к снижению стоимости жизненного цикла КЭУ путем снижения затрат на содержание обслуживающего персонала.

ОЭЭС современных кораблей состоит из набора модулей (рис. 1), что облегчает разработку, поставку и материально-техническое обеспечение ЭУ кораблей различных классов.

Такая архитектура способствует использованию стандартных общих модулей, разрабатываемых и производимых независимо несколькими компаниями. Подобный принцип построения КЭУ предоставляет также возможность внедрения передовых технологий и конструктивно-схемных решений путем замены морально устаревших стандартных модулей на усовершенствованные с такими же входными и выходными параметрами, но с улучшенными характеристиками. Этот подход не требует серьезной модернизации всей установки, больших финансовых вложений и трудозатрат. В ОЭЭС кораблей, стоящих на вооружении ВМС зарубежных стран, входит пять основных модулей [2, 3]:

- генераторов электроэнергии (PGM – Power Generation Modules), в качестве которых в настоящее время используются газотурбогенераторы (ГТГ) и дизель-генераторы (ДГ) различной мощности;
- распределения электроэнергии (PDM – Power Distribution Modules) – кабельные трассы, коммутационное оборудование, фильтры гармоник и другие;
- преобразователей электроэнергии (PCM – Power Conversion Modules) – переменного тока в постоянный и обратно, а также частотные;
- гребных электродвигателей (PMM – Power Motor Modules) – используются в основном усовершенствованные асинхронные электродвигатели с обмотками из меди;
- постов дистанционного управления установкой (PCON – Power Control Modules) – высокий уровень автоматизации ОЭЭС позволяет сократить численность экипажа, что одновременно влечет за собой снижение расходов на содержание корабля и увеличение полезной нагрузки за счет высвободившихся объемов.



известны. После подведения итогов конкурса аванпроектов в 2014 г. планировалось проведение ОКР, а строительство головного корабля намечалось на 2016 г.

Позже, 11.09.2013 г. и 26.12.2013 г. главком ВМФ России адмирал В.В. Чирков при посещении Северного ПКБ знакомился с ходом работ по проектированию эсминца. В начале 2015 г. на предприятии продолжались разработка эскизного проекта эсминца, а 20.02.2015 г. главком ВМФ заявил, что идут проектно-конструкторские работы по эсминцу с атомной ЭУ. В июне 2015 г. модель перспективного эсминца пр. 23560Э была продемонстрирована на форуме «Армия – 2015» в Москве (рис. 3).

Другими словами, в качестве ЭУ перспективного эскадренного миноносца на сегодняшний день предполагается использовать АЭУ.

Впервые официальное заявление о том, что перспективный эсминiec будет атомным, было опубликовано в прессе 13.09. 2013 г., озвученное пресс-секретарем ВМФ капитаном 1 ранга И. Дыгалю. Позже это сообщение повторялось во многих изданиях. Правда, уже 17.09.2013 г. в электронном журнале «Военное обозрение» была опубликована статья «Грехи атомных крейсеров, или зачем реактор на перспективном российском эсминце?», в которой подверглось резкой критике подобное решение [4, 5].

Против указанного решения можно выдвинуть следующие аргументы [5]:

1. Автономность корабля ограничивается не только запасами топлива. Продовольствие, технические жидкости, ремонт – всякий раз придется встречаться с кораблем комплексного снабжения или делать заход в ближайшую военно-морскую базу (ПМТО), не говоря о таком простом и очевидном условии, как выносливость экипажа – технике и людям необходим отдых.

2. Кругосветный поход на полной скорости в 30 уз – не более чем красивая фантазия. Корабли редко ходят поодиночке: фрегаты, десантные корабли, корабли снабжения, океанские буксиры и морские спасательные комплексы, тральщики, эскортируемые суда торгового флота могут входить в состав группировки – боевая служба ВМФ может включать в себя самые различные задачи. При действии в составе группировки разнородных сил атомный крейсер теряет все свои преимущества – установить ЯЭУ на каждый, фрегат или судно снабжения не представляется возможным.

3. ЯЭУ вкупе со своими контурами охлаждения и сотнями тонн биологической защиты занимает гораздо больше места, чем машинные отделения крупного водоизмещающего корабля,

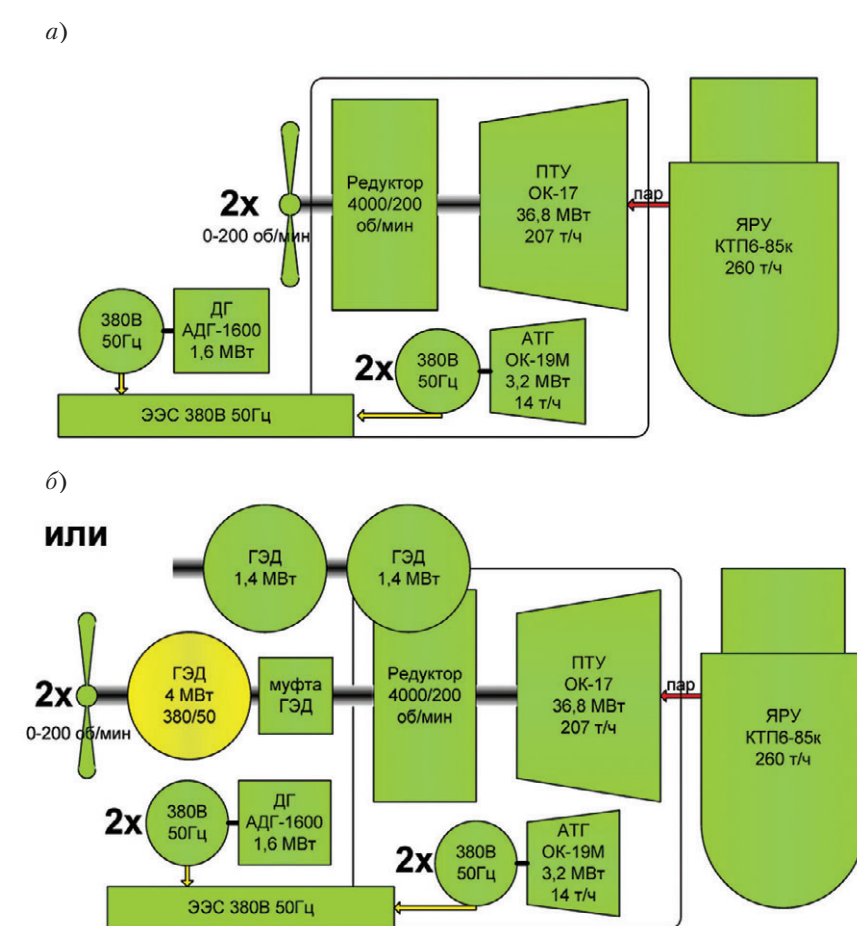


Рис. 2. Структурные схемы атомной ЭУ (а) и атомной ЭУ с частичным электродвижением (б), предлагаемые для использования на перспективных эскадренных миноносцах ВМФ РФ

даже с учетом необходимого запаса тысяч тонн мазута или более легких фракций нефти.

Впрочем полностью отказаться от обычной ЭУ в пользу ЯЭУ не удастся: согласно принятым нормам безопасности, на всех атомоходах стоят аварийные дизель-генераторы или даже резервная ЭУ на органическом топливе, для которых требуются запасы горючего.

В цифрах это означает буквально следующее: ЭУ современного эсминца типа «Arleigh Burke» представляет комбинацию из четырех ГТД фирмы General Electric типа LM2500 и трех дизель-генераторов. Суммарная мощность ГЭУ – порядка 75 000 кВт. Масса ГЭУ в составе четырех ГТД с ре-

дукторами и фундаментными рамами составляет около 400 т. Запас топлива на борту «Arleigh Burke» – 1300 т JP-5 (что обеспечивает дальность плавания корабля 4400 миль на скорости 20 уз). Массами станин, насосов, теплоизоляционных контуров и вспомогательного оборудования машинного отделения можно уже пренебречь. Почему? Ответ прост – в данном случае это уже не имеет никакого значения. Ведь перспективная разработка КБ «Африкантова» – «компактный» ядерный реактор РИТМ-200 для строящегося атомного ледокола ЛК-60Я имеет массу 2200 т (комбинация из двух реакторов). Мощность на валах ледокола составляет 60 000 кВт. И это

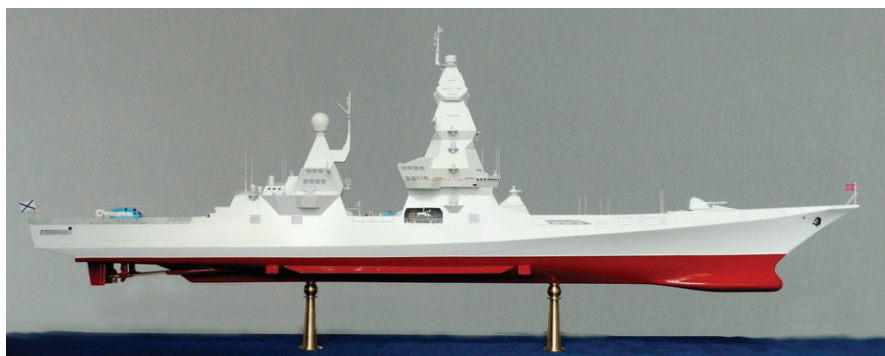


Рис. 3. Модель перспективного эскадренного миноносца пр. 23560Э

без учета биологической защиты реакторного отсека, а также двух главных турбогенераторов, их питательных, конденсатных, циркуляционных насосов, вспомогательных механизмов и гребных электродвигателей.

Установить подобную силовую установку на перспективный российский эсминец – решение, как минимум, сомнительное.

На самом деле, американский эсминец «Arleigh Burke» – не самый удачный пример. Более современные корабли, например британские эминцы «Daring» с комбинацией дизель-генераторов, ГТД и полным электродвижением, демонстрируют еще более впечатляющие результаты – при сходимом запасе топлива они могут пройти до 7000 мор. миль (от Мурманска до Рио-де-Жанейро – куда уж больше!).

4. Опыт создания серии атомных крейсеров имел место в ВМС США. Было построено 9 ед., которые впоследствии были выведены из боевого состава и списаны в возрасте 8 – 16 лет.

Эксплуатация корабля с ЯЭУ при прочих равных условиях оказывается дороже эксплуатации корабля с обычной силовой установкой. Известно, что ежегодные затраты на эксплуатацию «Техаса» и его аналогов превышали аналогичные показатели «Тикондерог» на 12 млн. долл. (солидная сумма, особенно по меркам 30-летней давности).

5. ЯЭУ ухудшает живучесть корабля. Вышедшую из строя газовую турбину можно отключить. Но как быть с поврежденным контуром или активной зоной реактора? Оттого посадка на мель или боевые повреждения корабля с ЯЭУ – происшествие мирового масштаба.

6. Наличие ЯЭУ на борту корабля затрудняет его визиты в зарубежные порты и усложняет проход Суэцким и Панамским каналами: нужны особые меры безопасности, радиационный контроль, согласования-разрешения.

Другими словами, ЯЭУ – это сложно, затратно, неэффективно.

Этот немалый список «прегрешений» стал причиной списания всех девяти атомных крейсеров ВМС США, в том числе четырех относительно новых «Вирджиний». Американцы при первой же возможности избавились от этих кораблей и ни разу не пожалели о принятом решении.

Отныне и впредь за океаном не строить иллюзий на счет атомоходов – все дальнейшие проекты надводных боевых кораблей – это эминцы типа «Arleigh Burke», что будут составлять основу

надводных сил ВМС США до 2050-х гг. или тройки перспективных эминцев типа «Zumwalt». Все они оснащены обычной, неатомной ЭУ.

ЯЭУ уступают по критерию «стоимость–эффективность» (обширное понятие, куда входят все вышеописанные факторы) даже котлотурбинным установкам полувекковой давности. Что же касается современных разработок в области корабельных ЭУ, то применение перспективных схем CODLAG (полное электродвижение с комбинацией из газовых турбогенераторов полного хода и высокоэкономичных дизель-генераторов крейсерского хода) позволяет добиться еще лучших показателей. При несении боевой службы в удаленных районах Мирового океана такие корабли практически не уступают по автономности кораблям с ЯЭУ (при несопоставимости стоимости ЯЭУ и обычной ЭУ типа CODLAG).

Подчеркивая несостоятельность подобных подходов к обоснованию ЭУ перспективных боевых кораблей ВМФ РФ, следует акцентировать внимание на то, что до сих пор эта проблема для отечественного флота является нерешенной. Ее необходимо было сформулировать еще в начале текущего столетия и на сегодняшний день иметь четкие приоритеты в развитии корабельной энергетики.

Ориентируясь на зарубежный опыт, с большой долей вероятности можно предположить, что при выборе перспективного облика ЭУ боевых кораблей отечественным энергомашиностроителям, инженерам и конструкторам следует делать акцент на компоновочные схемы ЭУ нового поколения, а именно, объединенную энергетическую систему, обеспечивающую реализацию концепций «частичное электродвижение», «полное электродвижение» и (или) «полностью электрифицированный корабль».

Для этого необходима консолидация усилий ведущих научно-исследовательских организаций и предприятий промышленности, являющихся лидерами в таких областях, как газотурбостроение, дизелестроение, электромашиностроение, производство твердотельных полупроводников, производство постоянных магнитов с полем большой индуктивности и высокотемпературных сверхпроводников и др.

Это работа, в которой каждое из обозначенных направлений исследований должно быть подчинено общей (интегральной) цели – созданию единой ЭЭУ корабля. Для энерго-

машиностроителей это утверждение, например, означает, что перспективные двигатели должны удовлетворять требованиям ОЭЭС, т. е. создаваться в качестве приводов генераторов с постоянной частотой вращения равной 3000 об/мин (с учетом частоты сети переменного тока) либо кратной ей. Она не может быть выполнена, как это было раньше при создании перспективных ЭУ, с механической передачей, на площадке одного энергомашиностроительного предприятия, как, например, НПО «Сатурн». Скорее всего, головным исполнителем должно быть предприятие, специализирующееся в области электромашиностроения, высокотемпературной сверхпроводимости и твердотельных полупроводников. Возможно, следует создать новую организационную структуру, по аналогии, например, с ОАО «Турборус», объединяющую такие организации, как ЦНИИ СЭТ (входящего в состав «ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», завод «Электросила», входящий в состав ОАО «Силовые машины», НПО «Сатурн», ОАО «Коломенский завод» и ряд других научных и производственных организаций.

Только при подобной консолидации усилий возможна постановка и решение научных задач, связанных с разработкой и созданием единой электроэнергетической системы перспективных кораблей ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ю. Применение перспективных технологий в надводном кораблестроении за рубежом // Зарубежное военное обозрение. – 2011. – № 1. – С. 79–95.
2. Шинкоренко Д. Перспективы развития энергетических установок надводных кораблей ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. – 2007. – № 1. – С. 54–61 и № 3. – С. 58–61.
3. Шинкоренко Д. Разработка новых энергетических установок за рубежом – шаг к кораблям нового поколения // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 11. – С. 62–70.
4. Капцов О. Атомный эсминец для ВМФ России. Взгляд снаружи // Военное обозрение. <http://topwar.ru/81389-atomnyy-esminec-dlya-vmf-rossii-vzglyad-snaruzhi.html>.
5. Капцов О. Грехи атомных крейсеров, или Зачем реактор на перспективном российском эсминце? // Военное обозрение. <http://topwar.ru/33353-grehi-atomnyh-kreyserov-ili-zachem-reaktor-na-perpektivnom-rossiyskom-esmince.html>. ■

В мировой практике судостроения широко применяются дизель-газотурбинные агрегаты (ДГТА), состоящие из высокоэкономичных дизелей и мощных малогабаритных газотурбинных двигателей (ГТД). Эти агрегаты принято подразделять на два основных типа. В агрегатах типа CODAG допускается как раздельная, так и совместная работа поршневых и газотурбинных двигателей. При использовании этих ДГТА полная скорость судна обеспечивается только при одновременной работе всех главных двигателей. В агрегатах типа CODOG возможна только раздельная работа либо дизелей, либо газовых турбин. Соответственно, в установке с этим агрегатом дизели выполняют роль маршевых двигателей, а ГТД – роль форсажных.

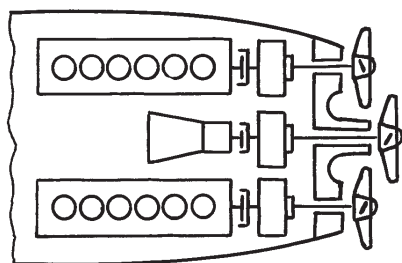


Рис. 1. Схема ДГТУ с раздельным приводом

Судовые ДГТА дополнительно подразделяют на агрегаты с раздельным и общим приводом гребных винтов. Установки с раздельным приводом (рис. 1) не получили широкого распространения из-за того, что при парциальной работе двигателей неработающий гребной винт (или винты) создает дополнительное сопротивление движению судна, на преодоление которого затрачивается энергия. В результате происходит значительное уменьшение скорости судна и резко падает экономичность установки в целом. Улучшить эксплуатационные характеристики подобных установок удастся за счет применения ВРШ.

Установки с общим приводом гребных винтов являются более сложными в конструктивном исполнении и одновременно более рациональными с точки зрения возможных режимов работы

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТА КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГАЗОТУРБИННЫХ АГРЕГАТОВ

В.К. Румб, канд. техн. наук, проф., СПбГМТУ,
В.И. Паюсов, канд. техн. наук, гл. техн. эксперт,
П.В. Фетисов, директор филиала «НТИЦ СПб» ПАО «ОДК-Сатурн»,
контакт. тел. (812) 494 0952, 386 7882

винтов и двигателей. В частности, установка, принципиальная схема которой показана на рис. 2, а, состоит из двух автономных ДГТА, каждая из них включает в себя дизель 1, газовую турбину 2, редуктор 3 и ВРШ 4. Здесь функции редуктора не ограничиваются простым суммированием мощности, трансформацией крутящего момента и понижением частоты вращения гребного винта с целью повышения его КПД. Редуктор дополнительно обеспечивает совместную и раздельную работу двигателей, что позволяет развивать практически любые хода судна при минимальном расходе топлива.

Еще большее число возможных комбинаций работы двигателей и винтов дает ДГТА с межредукторной передачей (позиция 5 на рис. 2, б). За счет данного механизма повышается живучесть судна, поскольку любой работающий двигатель может обеспечивать вращение как одного, так и обоих винтов сразу. Естественно, данная передача, которая обычно встраивается в редуктор, существенно усложняет передачу. При этом масса и габариты редуктора растут, по имеющимся данным, масса редуктора достигает до 40–60 % от массы всей установки. Управление такой установкой также представляет определенные трудности.

Рассмотрим более подробно специфические особенности работы ДГТА типа CODAG на примере установки, представленной на рис. 2, б. Прежде всего специфичность проявляется в возможности парциальной работы и двигателей, и гребных винтов, а значит, позволяет оптимизировать эксплуатационные режимы по расходу топлива на

всех скоростях движения судна, начиная от самого малого хода и заканчивая полным ходом с максимальной скоростью. Указанные преимущества реализуются в полной мере только тогда, когда выполняются следующие требования:

- обеспечение синхронной частоты вращения валов всех параллельно работающих двигателей;
- плавное подключение (и отключение) двигателей к редуктору на всех режимах вращения гребного винта без снижения скорости судна;
- использование полной мощности двигателей при их парциальной работе;
- равномерное распределение мощности между работающими гребными винтами в зависимости от условий их нагружения;
- пропорциональное распределение суммарной нагрузки между работающими двигателями в соответствии с их номинальными мощностями.

По существу указанные требования являются основополагающими. Их выполнению способствует система автоматического управления и регулирования дизелей, ГТД, редуктора, межредукторной передачи и ВРШ вместе взятых. Без такой системы нормальное функционирование ДГТА типа CODAG с общим приводом гребных винтов невозможно.

Реализуются указанные требования следующим образом: синхронизация частот вращения параллельно работающих двигателей достигается системой автоматического управления (САУ), которая реализует принцип «ведущего объекта», т.е. регулируется частота вращения по сигналу от датчика

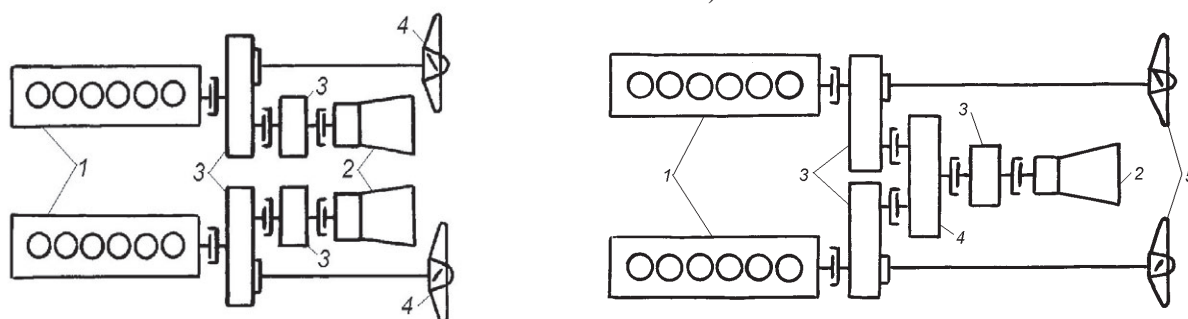


Рис. 2. Схемы ДГТУ с общим приводом (а) и межредукторной передачей (б)

числа оборотов одного из работающих двигателей. Плавное подключение и отключение двигателя обеспечивается установкой между ним и редуктором высокоэластичной соединительно-разобщительной муфты, допускающей проскальзывание. Обязательным условием для включения муфты является равенство частот вращения подключаемого и работающего двигателей. Использовать полную мощность одного работающего дизеля помогает двухскоростной редуктор: на режимах работы по утяжелённой винтовой характеристике включается ступень с большим передаточным отношением, а при работе по облегченной характеристике – ступень с меньшим передаточным отношением. Равномерное распределение мощности между работающими винтами происходит благодаря межредукторной передаче. Распределяется мощность по валам в полном соответствии с гидродинамическими сопротивлениями гребных винтов. Так как эти сопротивления, как правило, неодинаковые, то межредукторная передача должна учитывать эту неравномерность и распределять подведенную к редуктору мощность пропорционально действующим сопротивлениям. В случае, если данное условие не выполняется, возможна поломка зубчатых колес. Для предохранения от поломки межредукторную передачу дополнительно оборудуют обгонным устройством, которое компенсирует неизбежное от неравномерного нагружения рассогласование частот вращения гребных винтов.

Особую специфичность приобретает требование по пропорциональному распределению суммарной нагрузки между работающими двигателями. Когда работают параллельно только ДВС, выравнивание нагрузки между ними осуществляется их штатными регуляторами частоты вращения. Для этого регуляторы настраивают так, чтобы регуляторные характеристики дизелей полностью совпали. Если такое совмещение невозможно, то двигатели оснащаются дополнительными устройствами, которые по сигналу от САУ формируют корректирующие поправки для топливоподачи. Значительно сложнее распределить равномерно нагрузку между совместно работающим дизелем и ГТД. Сложность заключается в том, что дизель имеет регулятор частоты вращения, а газовая турбина – регулятор расхода топлива. Соответственно при неизменных управляющих заданиях дизель будет работать по регулярной характеристике, а газовая турбина по характеристике расхода (рис. 3).

В этих условиях обычные колебания винтовой характеристики, обусловленные воздействием на судно различных внешних факторов, например, плавание

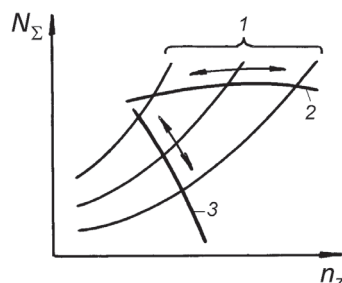


Рис. 3. Характеристики ДГТА
1 – винтовые, 2 – расходная характеристика ГТД, 3 – регуляторная характеристика дизеля

во время шторма, приведут к неравномерному нагружению дизеля и ГТД. Теоретически возможны ситуации, когда суммарная нагрузка будет переключаться с дизеля на газовую турбину и обратно.

В рамках реализации программы импортозамещения на территории Российской Федерации организовано производство дизель-газотурбинных агрегатов М55Р. Головной организацией по постановке на производство ДГТА М55Р является ПАО «ОДК-Сатурн». Дизель-газотурбинный агрегат М55Р типа CODOG (рис. 4) включает в себя дизель 10Д49 (16ЧН26/26) ОАО «Коломенский завод», ГТД М90ФР ПАО

«ОДК-Сатурн», гребной, промежуточный валы и редуктор Р055 ПАО «Звезда». Промежуточный вал соединяет дизель с редуктором и конструктивно состоит из переходника к дизелю, муфт ВСМ, двух проставочных валов, собственно самого промежуточного вала и переходника к редуктору. Дополнительно в гребной вал входит звукоизолирующая муфта (ЗИМ), посредством которой передается крутящий момент от ведомого колеса редуктора гребному винту. Кинематическая схема агрегата и его макет представлены соответственно на рис. 5 и рис. 6. До поставки заказчику ДГТА М55Р подлежит стендовым испытаниям. Нагрузочным устройством во время этих испытаний служит гидротормоз 22U2N316F3.

При расчетах крутильных колебаний трансмиссию агрегата представляли в виде дискретной модели, состоящей из чередующихся масс с моментами инерции и соединений, наделенных крутильной податливостью. Дискретная крутильная схема всего агрегата, полученная путем объединения крутильных схем отдельных элементов трансмиссии (рис. 7), состоит из основной цепи, включающей 25 дискретных масс, и шести

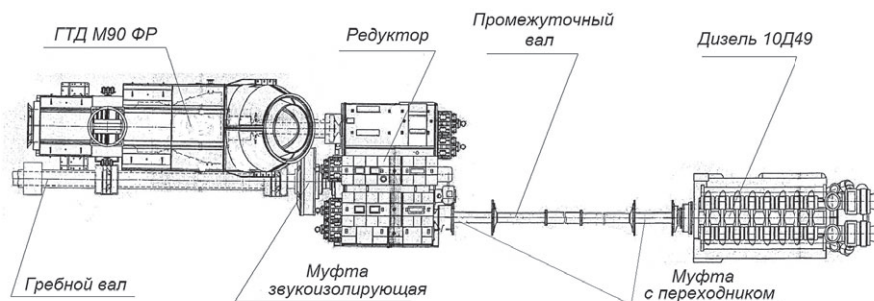


Рис. 4. Общий вид судового агрегата ДГТА М55Р

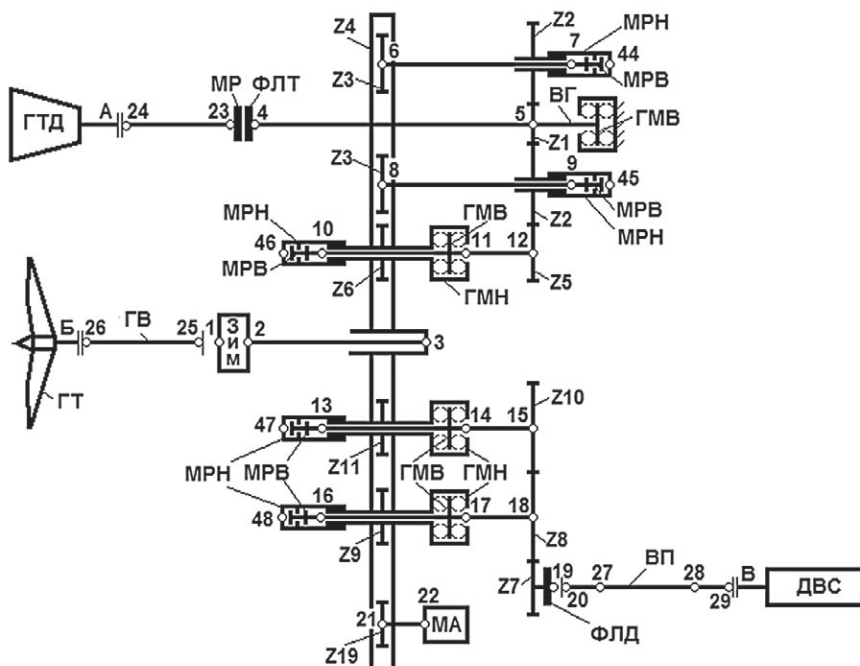


Рис. 5. Кинематическая схема агрегата ДГТА М55Р

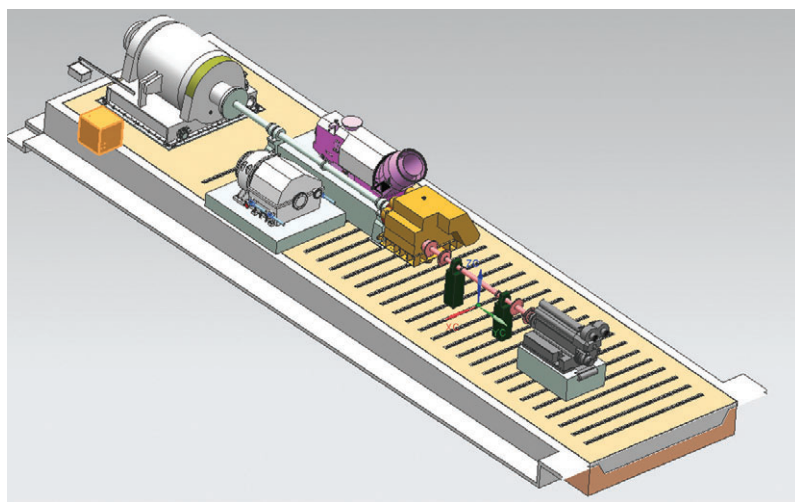


Рис.6. Макет дизель-газотурбинного агрегата М55Р с гидротормозом

ответвлений. Общее число дискретных масс расчетной крутильной схемы – 36.

Расчет свободных колебаний показал, что в эксплуатационном диапазоне частот вращения дизеля, работающего по винтовой характеристике в пределах от 300 до 1100 мин⁻¹, наблюдается множество резонансов крутильных колебаний. Из них наиболее значимые соответствуют частотам вращения коленчатого вала 467, 583, 642, 712, 779 и 985 мин⁻¹.

Далее эти резонансы подвергали расчету на предмет определения напряжений, возникающих в валах от крутильных колебаний. Расчет резонансных колебаний осуществлялся энергетическим методом. Анализ полученных

напряжений показывает: наиболее слабым элементом рассматриваемой колебательной системы по крутильным колебаниям является коленчатый вал дизеля. На частоте вращения 779 мин⁻¹ (резонанс 1,5 порядка трехузловой формы колебаний) расчетные напряжения в нем превышают допустимые значения, подсчитанные по формулам Правил Российского морского регистра судоходства (РМРС), на 183%. Это означает, что необходимо устанавливать запретную зону в пределах от 732 до 828 мин⁻¹ (рис. 8). Ее границы определены по упомянутым правилам. Проход через запретные для эксплуатации частоты вращения допускается.

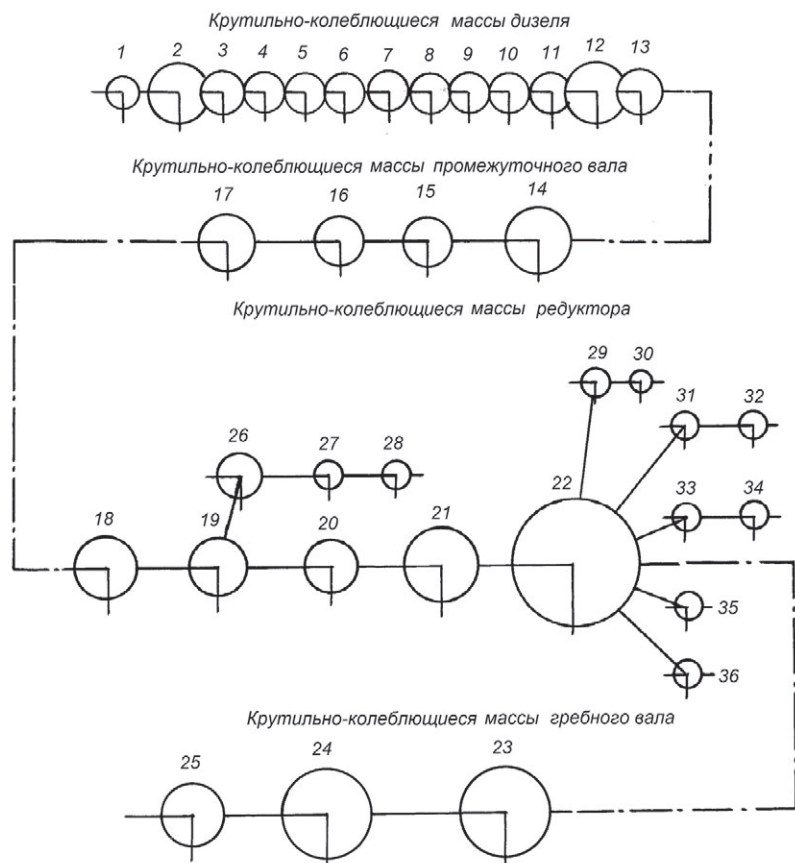


Рис. 7. Крутильная схема трансмиссии агрегата ДГТА М55Р

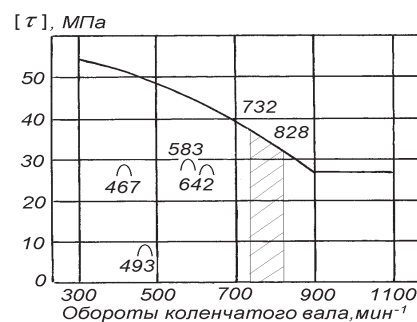


Рис. 8. Запретная зона для эксплуатации ДГТА М55Р

Наличие запретной зоны существенно уменьшает поле возможных режимов работы любой установки. Между тем сблизить границы этой зоны с сохранением эксплуатационной безопасности установки можно, если определять эти границы по точкам пересечения линии допускаемых напряжений и ветвей окolorезонансных колебаний. Естественно, такой подход к установлению ширины запретной зоны требует расчета окolorезонансных колебаний. Данный расчет, выполненный по методике В.П.Терских, дал границы запретной зоны 770 и 778 мин⁻¹. Ее ширина по сравнению с предыдущей заметно уменьшилась. И даже с расширением вновь полученных границ на 5% запретный диапазон частот вращения от 754 до 804 мин⁻¹ все равно меньше рекомендованного Правилами РМРС.

Данной статьей авторы хотели показать следующее:

- судовые дизель-газотурбинные агрегаты отечественного производства возрождаются, практический интерес к ним со стороны кораблестроителей растет, на ряде вновь строящихся кораблей ВМФ уже запланирована установка таких агрегатов;
- дизель-газотурбинные агрегаты относятся к высокотехнологическим изделиям энергетического машиностроения, их надежная эксплуатация возможна только при наличии широко развитой системы автоматического управления и регулирования, особенно актуальными становятся такие системы в агрегатах, допускающих совместную работу дизеля и газовой турбины;
- установкам с ДГТА свойственны крутильные колебания, напряжения от которых могут быть причиной усталостных поломок элементов трансмиссии. Эти негативные последствия предопределяют необходимость расчета крутильных колебаний на этапах проектирования энергетических установок кораблей. Во время стендовых или ходовых испытаний устранить опасные резонансы крутильных колебаний очень сложно, а зачастую вообще невозможно. ■

АО «Компрессор» имеет богатый научно-технический потенциал, опыт разработки, изготовления, поставок, сервисного обслуживания, эксплуатации и ремонта компрессорного оборудования для Министерства обороны РФ, ПАО «Газпром» и ГК «Росатом». Компрессорное оборудование предприятия надежно работает на всех кораблях ВМФ и гражданских судах с приемкой Российского морского регистра судоходства. Компрессорное оборудование АО «Компрессор» применяется на космодромах «Байконур», «Плесецк», «Восточный», на атомных электростанциях, в том числе зарубежных «Бушер», «Куданкулам», «Белорусская».

АО «Компрессор» проектирует и производит большую номенклатуру блочного компрессорного оборудования для ПАО «Газпром», поршневые и винтовые компрессоры, установки подготовки топливного, пускового и импульсного газа установлены и надежно работают на компрессорных станциях магистральных газопроводов «Ухта–Торжок», СМГ «Бованенково–Ухта», Северо-европейский газопровод, Южный поток.

Предприятие выпускает широкий ассортимент следующей серийной продукции:

- компрессоры (роторные, поршневые, мембранные) и компрессорные станции с конечным давлением от 0,2 до 42,0 МПа для сжатия различных газов (воздух, азот, кислород, водород, CO_2 , аргон, природный газ и т.д.)
- азотные установки;
- установки подготовки топливного и импульсного газа;
- газораспределительные станции;
- блочные дожимные компрессорные станции;
- блочные воздушные компрессорные станции;
- блоки фильтров топливного газа;
- блоки очистки и осушки воздуха и других газов с давлением до 42,0 МПа.
- холодильные установки и компрессоры;

Одним из приоритетных направлений развития отечественного флота является освоение Арктики и районов Крайнего Севера, что связано с созданием современного ледокольного флота и надежного комплектующего оборудования, обеспечивающего непрерывное функционирование судов и кораблей ледового класса.

Техническим решением, позволяющим повысить эксплуатационные показатели ледокольного флота, является оснащение ледоколов пневмоомывающими устройствами (ПОУ).

ПОУ в соответствии со справочными данными – это специальное устройство для повышения льдопроходимости судов. Состоит из компрессора и системы труб, по которым к отверстиям в обшивке корпуса, расположенным побортно в подводной части носовой оконечности судна, подается воздух под давлением, несколько превышающим гидростатическое. Выходя из отверстий и поднимаясь вверх, он создает вертикальный поток воздушно-водяной смеси, омывающий подводную часть корпуса. Поток отводит мелкие обломки льда от корпуса, смачивает соприкасающийся с бортом лед и смывает с него ледяную крошку и снег, снижая этим сопротивление льда движению судна. Кроме того, ПОУ предотвращает облипание корпуса снежно-ледяной массой. Разработано и запатентовано в конце 60-х гг. финской фирмой «Вяртсиля» [1].

Однако первым в мире (16.10.1966 г.) устройство для повышения льдопроходимости судна начал патентовать инже-

ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СИСТЕМ АО «КОМПРЕССОР» ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПНЕВМООБМЫВА КОРПУСА ЛЕДОКОЛА И В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ПРОЕКТАХ

Л.Г. Кузнецов, д-р техн. наук, ген. конструктор,

Ю.Л. Кузнецов, канд. техн. наук, первый заместитель ген. директора,

А.В. Бураков, начальник ЦКБ,

Н.А. Котлов, начальник отдела, АО «Компрессор»,

контакт. тел. (812) 295 5090

нер Л.И. Уваров, его заявка была опубликована 15.04.1976 г. (авт. св. СССР №510414 [2]) (рис. 1).

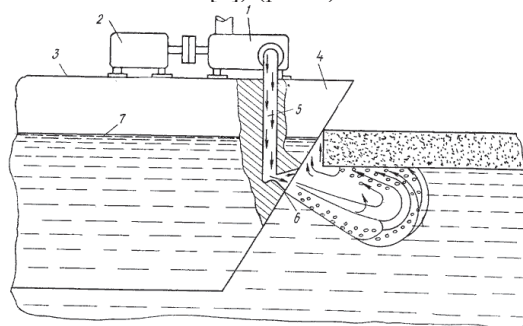


Рис. 1. Схема устройства Л.И. Уварова.

Авт. св. № 510414, лист 2

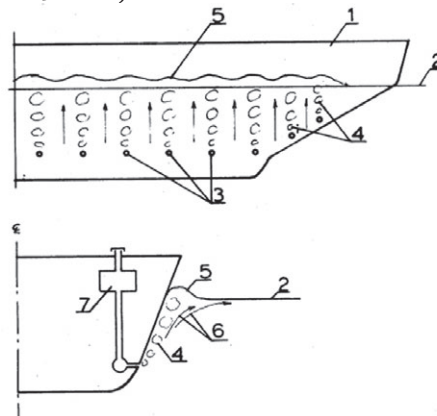


Рис. 2. Схема устройства фирмы «Вяртсиля».

Патент Финляндии № 47061, лист 6

Несколько позже (11.11.1967 г.) аналогичное устройство (рис. 2) было изобретено на верфи А/О «Вяртсиля» в Хельсинки (авт. св. № 47061 [3], опубликовано в 1971 и 1972 гг. и запатентовано в США, Англии, Италии, Франции и Канаде [4]).

В 1971 г. в Советском Союзе была изобретена новая система пневмоомыва (авт. св. №359192). Принцип ее действия аналогичен, но вместо воздуха в системе работает пар. Еще два изобретения по этой тематике 1980 и 1981 гг. сделаны в мурманском филиале ЦНИИМФ, одно из них в 1984 г. было запатентовано в Канаде [7].

Из современных работ в данном направлении стоит отметить разработку компании Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) – новаторскую «систему смазки воздуха Мицубиси» (Mitsubishi Air Lubrication System–MALS). [9]. MALS технология уменьшает расход топлива и эмиссию углекислого

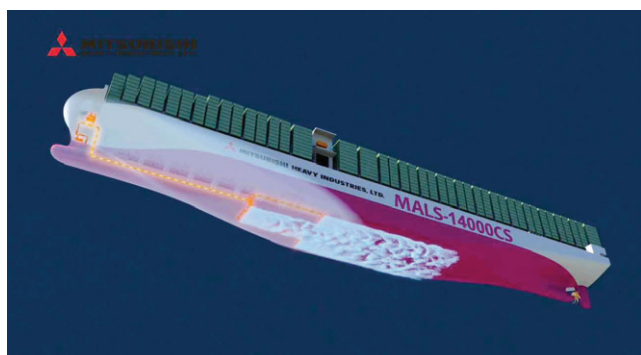


Рис. 3. Работа системы Mitsubishi Air Lubrication System – MALS

газа (CO_2), благодаря слою воздушных пузырей, продуваемых вдоль дна сосуда. Применение MALS на двух круизных судах, заказанных Aida Cruises, отвечало интересам компании в снижении расхода топлива и облегчении нагрузки на окружающую среду. Ожидается, что система снизит расход топлива на судне ориентировочно на 7% [9]. Данная система запатентована в Великобритании (патент № GB2505281A, опубликован 26.02.2014 г. [5]), однако она не применяется на ледокольном флоте.

Системы ПОУ установлены на большом числе эксплуатируемых в настоящий момент судов (табл. 1). В настоящее время система ПОУ применяется на морских ледоколах и транспортных судах ледового плавания. Кроме того, ее также устанавливают на речных и озерных ледоколах [6].

Анализ исследований ПОУ [6] показывает их безусловную эффективность для ледоколов и всех исследуемых судов:

- увеличивается предельная толщина льда, преодолеваемая непрерывным ходом;
- повышается скорость движения во льдах непрерывным ходом и при движения набегам;
- при движении с увеличенной мощностью за счет передачи мощности ПОУ на винты и без ПОУ прирост скорости отмечается на всех режимах движения, но он меньше, чем при работе ПОУ.

Следовательно, установка ПОУ на ледоколах и транспортных судах ледового плавания может быть оправдана, но в каждом конкретном случае необходимо оценивать его экономическую эффективность [8]. Ограничениями в работе эксплуатируемых в настоящий момент компрессоров для ПОУ является необходимость забора холодного воздуха для сжатия непосредственно из окружающей среды с температурой до 233 К (до -40°C), что нередко приводит к критическому перепаду температуры и к выходу из строя компрессоров.

Учитывая тенденцию по оснащению ледоколов ПОУ наше предприятие разработало компрессор сухого сжатия КСС45 для применения в данных устройствах. Это роторный винтовой безмасляный одноступенчатый компрессор с приводом от электродвигателя через упругую муфту. Задачей цифрового проектирования компрессора является моделирование и анализ работы роторных элементов компрессора во всем диапазоне рабочих параметров, подбор оптимальных размеров и частоты вращения.

Компрессор КСС45 оснащен системой автоматического управления, системой воздушного охлаждения и другими вспомогательными системами и оборудованием. Все его системы смонтированы на единой раме и помещены в звукоизоляционный кожух с быстроремными панелями. Внешний вид компрессора приведен на рис. 4.



Рис. 4. Компрессор КСС45 (вид со стороны обслуживания)

Основные технические характеристики компрессора КСС45 приведены ниже:

Основные технические характеристики КСС45

Сжимаемая среда	Атмосферный воздух
Производительность на выходе, не менее, $\text{м}^3/\text{ч}$	850
Давление начальное	Атмосферное
Давление конечное, МПа (абс.);	0,22
Температура воздуха начальная, К ($^\circ\text{C}$)	От 278 до 308 К (от 5 до 35°C)
(первоначальный запуск возможен при температуре всасываемого воздуха до 233 К -40°C);	
Температура воздуха конечная, К ($^\circ\text{C}$)	Не более 423 (150)
Мощность основного электродвигателя, кВт	55
Параметры питающей сети	3 ф. 380В, 50 Гц
Охлаждение	Воздушное
Масса, кг	1500
Габаритные размеры, мм	1800×1000×1500

Перечень ледоколов с установленным ПОУ

Таблица 1

Судно	Водоизмещение D , т	Мощность главных двигателей N , кВт	Относительная мощность N ПОУ/ N , %
«Финикеррнер», грузовое судно для Балтики, Финляндия	9950	8237	22
«Книсла», танкер для Балтики, Финляндия	8100	3677	17
«Нестегаз», газовоз, Финляндия	7900	3530	17
«Лунни», танкерпродуктовоз, Финляндия	21 000	11 474	11
Ледокол пр. 1105 «Капитан Чечкин», Россия	2240	4650	14,2
Ледокол «Капитан Сорокин», Россия	14 900	18 380	8,8
Ледокол пр. 1108 «Капитан Измайлов», Россия	2248	3940	14,7
«Леон Фрезер», рудовоз для Великих Озер, США	22000	3236	27
Ледокол-буксир для Великих Озер, США	600	1839	14
«Арктик-2», навалочник для Арктики, Канада	38 500	10 886	11
Проект атомного ледокола 22220 (ЛК60Я)	33 500	60 000	-

Система автоматического управления КСС45 позволяет вручную и автоматически управлять работой компрессора, а также осуществлять его защиту и сигнализацию в соответствии с требованиями Правил РМРС.

Сигнал на пуск и останов компрессора для работы в автоматическом режиме может быть подан с местного шкафа управления (устанавливается в машинном отделении), локального шкафа управления (устанавливается на компрессоре) и дистанционно из судовой системы автоматизации. Пуск и останов компрессора в автоматическом режиме осуществляются по максимальному и минимальному давлению в сети, значения максимального и минимального давлений настраиваются на панели оператора локального шкафа управления.

В судовую систему передаются обобщенные сигналы: «Готовность к работе»; «Работа»; «Авария».

При работе компрессора на дисплее панели управления отображаются текущие значения рабочих параметров, при аварийном останове расшифровывается его причина.

В системе автоматического управления предусмотрена выдача в судовую систему управления обобщенных сигналов состояния компрессора, а также расшифровывающих сигналов неисправности по протоколу RS-485.

АО «Компрессор» в 2016 г. выиграло тендер на право заключения договора на поставку оборудования системы пневмообмыва корпуса судна для заказа 05620 пр. 22600 линейного дизель-электрического ледокола «Виктор Черномырдин» (проектное бюро АО «КБ «Вымпел»), спущен на воду на АО «Балтийский завод-Судостроение» [9]. Предприятие выполнило весь комплекс проектных и конструкторских работ по системному анализу, цифровому проектированию, разработке, изготовлению и комплексной поставке оборудования ПОУ.

Комплект оборудования для ПОУ пр. 22600 включает:

- три компрессора КСС45 – предназначены для выработки сжатого воздуха;
- три подогревателя всасываемого атмосферного воздуха – устанавливаются в судовых воздухопроводах и предназначены для подогрева всасываемого воздуха при температуре ниже 268 К (-5°C). Поставляются с собственными приборами управления;
- прибор управления оборудованием ПОУ – устанавливается в машинном отделении и предназначен для управления работой оборудования ПОУ в ручном, автоматическом и дистанционном режиме работы;
- комплект воздушных заслонок с электроприводами – устанавливаются в нагнетательных трубопроводах ледокола и предназначены для распределения сжатого воздуха, поступающего от компрессоров, по бортам ледокола.

Принципиальная пневматическая схема и пример размещения оборудования ПОУ приведены на рис. 5 и рис. 6.

Центральный прибор управления оборудованием ПОУ (ШУЦ) позволяет осуществлять управление как в ручном, так и в автоматическом режиме управления.

В ручном режиме с местной панели оператора можно запустить в одновременную работу от одного до трех компрессоров на любой из бортов, а также компрессоры на одновременную работу по двум бортам ледокола.

В автоматическом режиме работа оборудования ПОУ осуществляется по алгоритму, приведенному ниже.

От судовой системы управления в центральный шкаф управления (ШУЦ) выдается команда на включение компрессора на левый или правый борт (рис.7). ШУЦ выдает команду на открытие воздушных заслонок для обеспечения подачи сжатого воздуха на требуемый борт. После формирования сигналов об открытии соответствующих воздушных заслонок выдается команда в локальный шкаф управления (ШУЛ) компрессора на запуск. Компрессор запускается, обрабатывая алгоритм пуска, заложенный в ШУЛ, при температуре всасываемого воздуха ниже 268 К (-5°C) из ШУЛ в

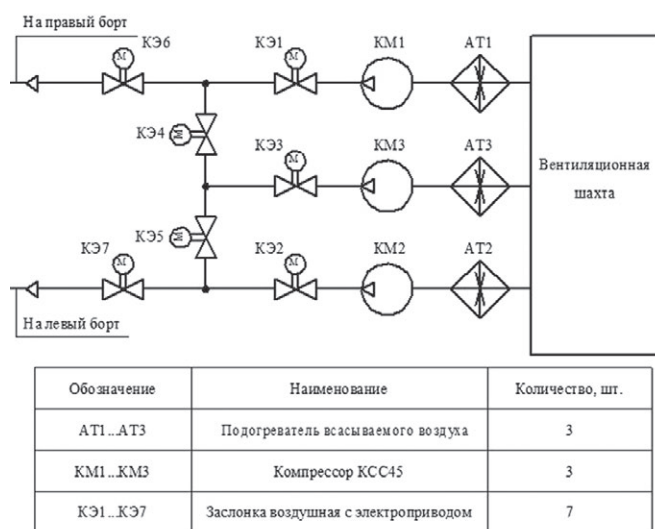


Рис. 5. Принципиальная пневматическая схема ПОУ

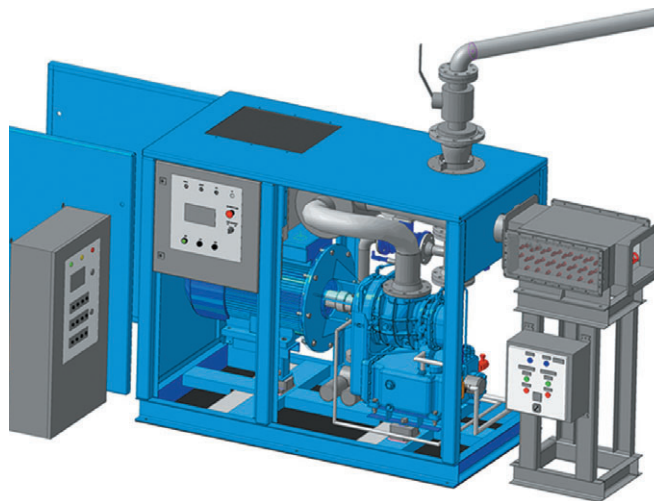


Рис. 6. Схема размещения оборудования ПОУ (3D-модель)

шкаф управления подогревателя (ШУН) выдается команда на включение подогревателя (сухой контакт). В процессе работы контролируются аварийные параметры подогревателей, компрессоров и воздушных заслонок. Информация о состоянии системы передается в судовую систему управления по протоколу RS-485.

Отличительной особенностью оборудования для ПОУ разработки АО «Компрессор» является использование:

- трех компрессоров (что увеличивает надежность и маневренность системы);
- компрессоров безмасляного сжатия, что улучшает экологическую обстановку, так предотвращает выброс масла в акваторию моря при их работе;
- нагрева воздуха перед сжатием для защиты компрессоров от холодного воздуха и выхода из строя (всасывание холодного воздуха, без подогрева, может приводить к выходу из строя компрессоров и появлению трещин на корпусе компрессора), кроме того, горячий воздух более эффективен в ПОУ;
- системы управления, позволяющей эффективно управлять работой оборудования ПОУ.

В заключение стоит отметить, что применение ПОУ имеет свои особенности и преимущества, для снижения инвестиционных и эксплуатационных затрат необходимо обеспечивать оптимальные технологические параметры компрессоров. Давление и производительность должны выбираться на этапе проектирования и учитывать требования к судну и условия его эксплуатации.

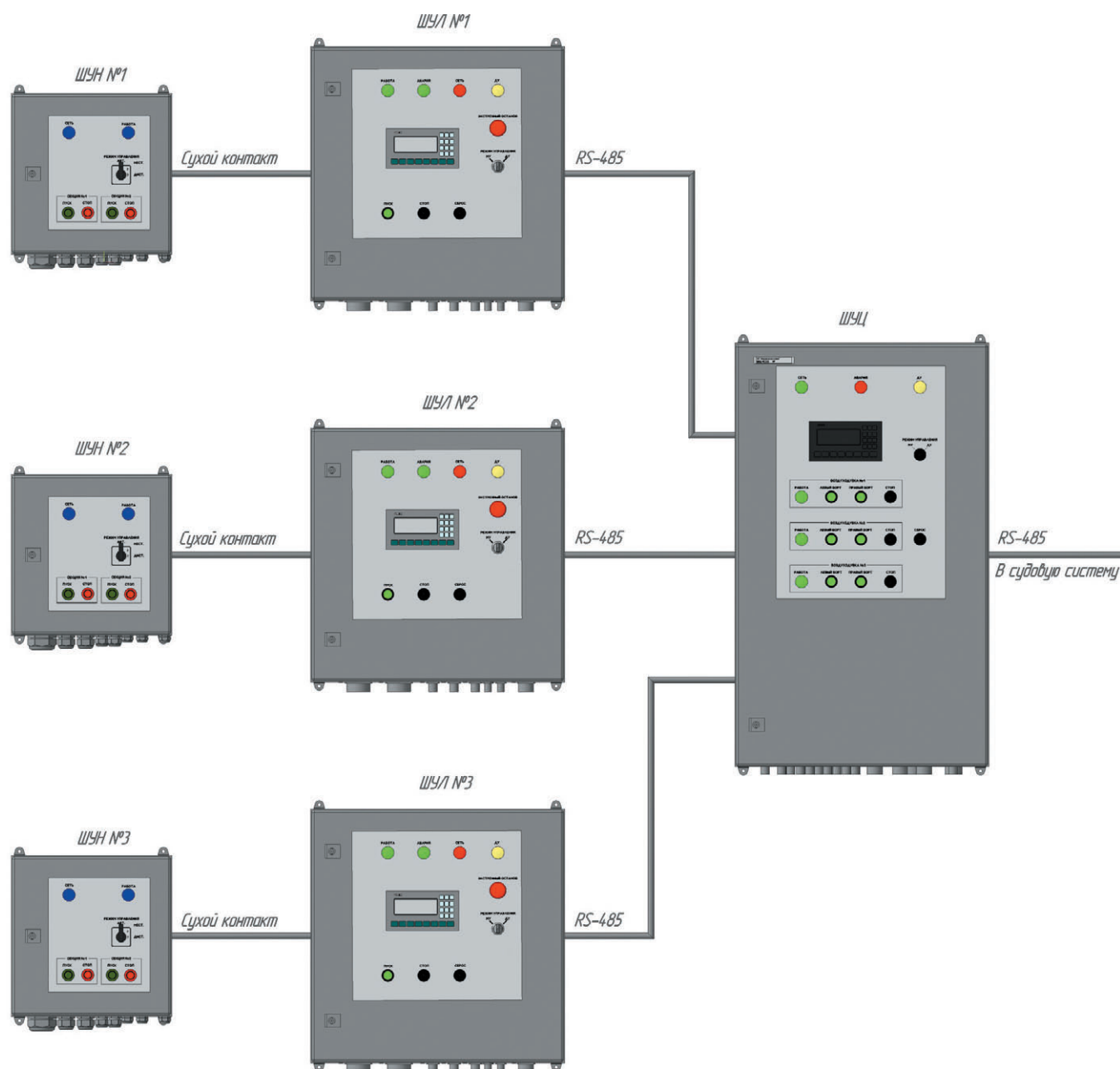


Рис. 7. Принципиальная схема системы управления

Учитывая перспективные потребности в компрессорном оборудовании для ПОУ АО «Компрессор» разработало типоряд винтовых безмасляных компрессоров в морском исполнении и готово выполнить поставку оборудования с учетом различных требований к производительности и конечному давлению как для ПОУ, так и других систем. Технические условия на компрессоры типа КСС согласованы с РМРС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морской энциклопедический справочник. – В двух томах. – Т. 2 / Под ред. Н.Н. Исанина. – Л.: Судостроение, 1987.
2. Авт. св. СССР №510414, публ.15.04.1976г, заявка №1103077 от 16.09.1966 г. – <http://patents.su/2-510414-ustrojstvo-dlya-povysheniya-ledoprokhodimosti-korpusa-sudna.html>.
3. Патент Финляндии FI47061, публ. 31.05.1973 г., заявка приоритет 11.11.67 г. – <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?FT=D&date=19730531&DB=&locale=&CC=FI&NR=47061B&KC=B&ND=1>.
4. Патент США №3,580,204. Опубликовано 25.05.1971 г., приоритет 11.11.1967 г. – <https://patents.google.com/patent/US3580204A/en?q=3%2c580%2c204>
5. Патент Великобритании GB2505281A. Оpubл. 26.02.2014 г. – <https://patentimages.storage.googleapis.com/94/f0/8d/f1713dd3b37f9a/GB2505281A.pdf>.
6. Калинина Н.В. Влияние пневмо-омывающего устройства на ходкость ледоколов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18924>.
7. Шутарев В.С. Ледоколы России. Освоение просторов российской Арктики // Двигатель. – 2013. – № 3 (87) – <http://engine.aviaport.ru/issues/87/pics/pg56.pdf>
8. Балтийский завод спустил на воду дизель-электрический ледокол «Виктор Черномырдин». – Офиц. сайт Администрации Санкт-Петербурга – https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_industrial/news/103951/.
9. The First «Air-Carpet» for AIDA Cruise Ships - 7% Less Fuel Consumption by MALS (Mitsubishi Air Lubrication System) -2012-06-06. №.1544. – Офиц. сайт компании Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. – <http://www.mhi.com/news/story/1206061544.html> ■

Перспективы развития рынка изделий судового машиностроения (ИСМ), производимых в настоящее время, неразрывно связаны с задачами, поставленными в документах, затрагивающих сферу российского судостроения [1–10]. Данные программы учитывают существующие тенденции состояния гражданского и военно-морского флотов РФ, анализ которых приводится далее.

До начала финансового кризиса 2008 г. российские судовладельцы ежегодно размещали на зарубежных верфях заказы на сумму более 1 млрд. долл. (суммарный дефайт судов – более 1 млн. т), в то время как на долю российских судостроительных предприятий приходилось не более 10% от общего объема заказов. В то же время российские верфи, по оптимистичным оценкам, способны строить по заказам отечественных транспортных компаний не менее 30 морских транспортных судов в год суммарным дефайтом не менее 400 тыс. т. Дефицит заказов и низкий уровень загрузки производственных мощностей особенно сильно затронули предприятия отрасли после начала экономического кризиса.

На фоне снижения объемов производства значительно возросла его себестоимость, финансовые проблемы у заказчика таили в себе риск замораживания контрактов, находящихся на заключительных этапах производства, но одной из ошутимейших проблем стало ужесточение условий получения кредита. В результате некоторые из предприятий отрасли оказались на грани банкротства, другие существенно увеличили долговую нагрузку. Без государственной поддержки исправить сложившуюся ситуацию не представлялось возможным.

«Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2030 года» [1] предусматривает реализацию целого ряда мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности российских судостроительных предприятий на внутреннем и внешних рынках, а также их переориентацию на строительство высокотехнологичных судов, в том числе платформ, танкеров ледового класса и газозовозов для освоения шельфовых месторождений углеводородного сырья, рост потребности в которых ожидается в скорой перспективе.

Несмотря на закрытость военно-морского флота, КБ-проектанты и заводы-строители в целях снижения временных и финансовых издержек при поставке оборудования также стараются применять оборудование импортной поставки. Отечественным машиностроителям достаются проекты, которые импортные поставщики не могут обеспечить из-за уникальности требований к

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ИЗДЕЛИЙ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.Г. Богданов, зам. директора ЗАО «ЦНИИ СМ»,

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой СПбГМТУ,

*Д.А. Скороходов, д-р техн. наук, проф., учёный секретарь ЗАО «ЦНИИ СМ»
контакт. тел. (812) 640 1051*

ним. Фактически небольшой объем заказов в рамках гособоронзаказа позволяет оставаться на плаву отечественным машиностроителям и создавать образцы, не уступающие, а зачастую и превосходящие западные аналоги.

Однако серьезным недостатком ориентированности на гособоронзаказ является отсутствие большой серийности кораблей в постройке, не позволяющее полностью отработать серийное производство механизмов для них, а также уникальность создаваемого оборудования и, как следствие, его невостребованность на рынке гражданского судостроения.

Таким образом, состояние отечественных ИСМ на современном этапе развития может быть охарактеризовано следующими особенностями:

- большая часть машиностроительных предприятий судостроительной отрасли перестали существовать, перепрофилированы на выпуск иной продукции и сменили организационно-правовую форму своей деятельности;
- практически полностью нарушены кооперативные связи между судостроительными заводами и верфями, с одной стороны, и с другой стороны, предприятиями, выпускающими судовое оборудование и другие изделия машиностроения, включая средства технологического обеспечения;
- ослаблено научное сопровождение деятельности предприятий и организаций машиностроительного цикла;
- недостаточно обеспечивается эта подотрасль соответствующими инженерными и научными кадрами.

Указанные особенности порождают проблемы, от решения которых зависит не только экономическое благополучие отдельных предприятий и регионов, в которых они являются градообразующими, не только условия возрождения былой мощи изделий судового машиностроения, но и стабильность развития судостроительной отрасли в целом, повышение ее конкурентоспособности.

ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕНТРА «ИЗДЕЛИЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Судостроение должно вновь стать государствообразующей отраслью эко-

номики России, которой необходимо приоритетное и интенсивное развитие. Оно, как известно, состоит из трех основных составляющих: корпусостроения, судового машиностроения и приборостроения. Корпусостроение по основным технико-экономическим показателям соответствует мировому уровню. Машиностроение монотонно деградирует. При отсутствии полноценных изделий судового машиностроения (ИСМ) судостроение превращается в корпусостроение, т. е. в производство металлических емкостей или судостроительных полуфабрикатов. Руководством страны, однако, принято политическое решение о развитии отечественного судостроения.

Ускоренное развитие и государственная поддержка отечественного производства ИСМ для нужд судостроения и судоремонта в сложившейся ситуации могут быть обеспечены созданием самостоятельного научно-производственного центра (НПЦ) «Изделия судового машиностроения» (НПЦ «ИСМ»). Организовать его работу можно в Санкт-Петербурге на базе ЗАО «Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения» (ЗАО «ЦНИИ СМ») и ряда других предприятий и организаций, способных обеспечить проектирование и производство современного оборудования, конкурентоспособного в мире. В настоящее время ЗАО «ЦНИИ СМ» – единственная организация в России по созданию ИСМ, применяемых на всех кораблях и судах отечественного флота и поставляемых во многие страны мира.

Цель создания НПЦ «СМ»:

- определение приоритетных направлений развития ИСМ на среднесрочную и долгосрочную перспективу и путей их реализации;
- выработка согласованных действий органов государственной власти различных уровней и бизнеса по ключевым направлениям развития ИСМ в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- определение перспективных направлений по разработке и корректировке законодательной и нормативной правовой базы развития ИСМ;
- разработка комплекса мер, направленных на создание и внедрение на строящихся и вновь проектируемых кораблях новых образцов конкурен-

тоспособных, унифицированных, инновационных ИСМ, которые по своим техническим и эксплуатационным характеристикам обеспечат конкурентоспособность на мировом рынке оборудования судового машиностроения, импортозамещение и повышение безопасности и эффективности использования военно-морского и гражданского флотов России;

- создание системы подготовки и повышения квалификации кадров для предприятий и организаций судового машиностроения, машиностроительных частей судостроительных и судоремонтных предприятий, а также учебных заведений различного уровня.

В рамках реализации стратегии функционирования НПЦ «ИСМ» должны быть решены следующие задачи:

1. Разработка и согласование с заинтересованными сторонами самостоятельной программы «Развитие ИСМ на базе технического перевооружения производственных мощностей с освоением новых эффективных технологий и системно формируемых инновационных проектов перспективных видов судового комплектующего оборудования с максимальной унификацией технических решений».

2. Создание системы инновационного развития судостроения на основе научно-технического и инновационного потенциала отечественных ИСМ и применения механизмов государственно-частного партнерства.

3. Создание конкурентоспособной новой техники и технологий для решения стратегических задач развития судостроения, обеспечивающих безопасную и надежную эксплуатацию флотов России.

4. Преодоление технологического отставания российского машиностроения от ведущих мировых производителей за счет освоения инновационных разработок высокотехнологичных и энергоэффективных ИСМ на основе модернизации предприятий судового машиностроения.

5. Создание организационной и технологической инфраструктуры, способствующей эффективному производству и внедрению новой техники и технологий для решения стратегических задач развития судостроения.

6. Создание и развитие единого инжинирингового центра ИСМ для комплексного подхода к созданию и внедрению высокотехнологичного оборудования для судостроения в рамках инвестиционных проектов.

7. Развитие информационной и технологической инфраструктуры судового машиностроения в целях ускорения

процесса разработки и внедрения новых ИСМ.

8. Создание и внедрение современных систем диагностики и мониторинга состояния ИСМ на кораблях и судах.

9. Совершенствование нормативной правовой базы в области ИСМ.

Для выполнения указанных задач в рамках реализации упомянутой стратегии должны быть осуществлены следующие меры:

- повышение эффективности административного регулирования возможностей применения импортного оборудования, российские аналоги которого производятся или могут быть созданы в кратчайшие сроки;
- создание условий для увеличения объемов долгосрочного кредитования предприятий судового машиностроения России;
- совершенствование действующей системы лизинга технологического оборудования для технического перевооружения предприятий судового машиностроения;
- расширение практики кредитования финансовыми институтами развития инвестиционных проектов новых производств на предприятиях судового машиностроения;
- создание условий для роста инвестиций в обновление основных фондов и технологической модернизации предприятий судового машиностроения за счет совершенствования амортизационной политики, включая внедрение механизмов ускоренной амортизации;
- использование механизмов налогового стимулирования в рамках реализации приоритетных направлений промышленной политики в области судового машиностроения;
- стимулирование реализации проектов, связанных с внедрением инновационных разработок, ресурсо- и энергосберегающих технологий, техническим и технологическим перевооружением предприятий судового машиностроения;
- содействие разработке новой конкурентоспособной продукции судового машиностроения в целях повышения конкурентоспособности отечественного судостроения;
- государственная поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке базовых и прорывных технологий ИСМ, соответствующих требованиям рынка и стратегиям развития машиностроения и судостроения;
- развитие механизмов государственно-частного партнерства, включая разработку и реализацию важнейших инновационных проектов в области ИСМ;

- обеспечение поддержки российского экспорта промышленной продукции ИСМ, в том числе путем субсидирования процентных ставок по кредитам.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ СОЗДАНИЯ НПЦ «ИСМ»

К числу характерных признаков кластерных объединений, подобных создаваемому НПЦ «ИСМ», раскрывающих их потенциал, относятся:

- наличие у территории базирования конкурентных преимуществ для развития кластерного объединения, к которым могут быть отнесены, в том числе: выгодное географическое положение, доступ к сырью, присутствие специализированных кадровых ресурсов, наличие поставщиков комплектующих и связанных услуг, наличие специализированных учебных заведений и исследовательских организаций, наличие необходимой инфраструктуры и другие факторы;
- широкий набор участников, достаточный для возникновения позитивных эффектов кластерного взаимодействия;
- географическая концентрация и близость расположения предприятий и организаций кластерного объединения, обеспечивающая возможности для активного взаимодействия;
- наличие эффективного взаимодействия между участниками отрасли, включая, в том числе, использование механизмов субконтрактации, партнерство предприятий с образовательными и исследовательскими организациями, практику координации деятельности по коллективному продвижению товаров и услуг на внутреннем и внешнем рынках.

Рассмотрим подробнее указанные выше факторы применительно к Санкт-Петербургу и Ленинградской области, как основным административным субъектам Северо-Западного региона и основному целевому рынку для НПЦ «ИСМ».

Судостроительная промышленность представляет собой сложный комплекс исследовательских, проектно-конструкторских, промышленных предприятий различного назначения (судостроение, судоремонт, машиностроение, приборостроение, электроника, проектирование и производство вооружения для военных кораблей). Потенциал судостроения, расположенного на территории Санкт-Петербурга, уникален.

В Санкт-Петербурге расположены 43 предприятия судостроения. Из них 23 принадлежат промышленной сфере (по категории «Судостроение и судоремонт» – 8 организаций), а также 20 предприятий научной сферы. В судострое-

нии занято более 42 тыс. человек, что составляет 16% от общего числа людей, занятых на обрабатывающих производствах города. Каждый из работающих в сфере судостроения обеспечивает занятость 5–6 человек в обслуживающих отраслях. Таким образом, до 300 тыс. человек в смежных отраслях зависят от развития предприятий отрасли судового машиностроения на территории города.

В Петербурге сосредоточено до 90% мощностей научного и проектного потенциала отрасли, что обеспечивает внедрение инноваций и организацию новых разработок не только на предприятиях города, но также на производственных площадках Калининграда, Севера, Дальнего Востока и Поволжья.

Таким образом, можно выделить следующих основных стейкхолдеров НПП «ИСМ»:

- профильные образовательные учреждения: Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова;
- региональные потенциальные заказчики продукции центра, в том числе ЦКБ-проектанты судов: АО «Северное ПКБ», АО «ЦМКБ «Алмаз», ПАО «Невское ПКБ», АО «СПМБМ «Малахит», АО «ЦКБ МТ «Рубин», ПАО «ЦКБ «Айсберг», ЦКБ «Балтсудопроект», ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»;
- судостроительные и судоремонтные заводы: АО «Адмиралтейские верфи», ПАО «Северная верфь», АО «Балтийский завод-Судостроение», ПАО «Судостроительная фирма «Алмаз», АО «Средне-Невский судостроительный завод», АО «Морской завод «Алмаз», ФГУП «Кронштадтский морской завод», ЗАО «Канонерский судоремонтный завод», ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод»;
- ведущие научные организации в области судостроения: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей», а также крупные региональные заготовительные производства: ОАО «Кузнечно-механический завод «Ижора-Металл», ОАО «Торговый дом «Северсталь-Инвест» и пр.;
- специализированные обрабатывающие и сборочные производства в области судового машиностроения:

ПАО «Пролетарский завод», ЗАО «БАРС», ООО «ПФ «АСК», АО «Машиностроение Северной верфи» и пр.

Для оценки перспектив отечественного производства по обеспечению потребности судостроителей в ИСМ с учетом задач модернизации и развития военно-морского и гражданского (морского и речного) флотов в рамках научно-исследовательской работы был проведен подробный анализ необходимых ИСМ, возможностях их изготовления на машиностроительных предприятиях региона либо рекомендуемых как исключительный случай для закупки за рубежом. Согласно выводам этой работы в настоящее время в России производятся и применяются на отечественных кораблях разнообразные ИСМ [10], обеспечивающие их потребности.

К закупке импортного оборудования могут быть рекомендованы только комплексы механизмов для якорного позиционирования буровой платформы и комплексы механизмов динамического позиционирования бурового судна и платформы. Остальная номенклатура оборудования либо уже изготавливается машиностроительными предприятиями региона, либо может быть в кратчайшие сроки разработана и освоена производством.

Для достижения целей и решения соответствующих задач, стоящих перед НПП «ИСМ», одним из важнейших экономических эффектов его создания является разработка, координация и внедрение модульного принципа в проектирование и производство. В соответствии с научными исследованиями в области внедрения модульного принципа в производство морской техники при увеличении масштабов серийного производства стоимость одиночного изделия в партии уменьшается приблизительно в 2 раза.

При масштабах производства, необходимых для восстановления общей численности и тоннажа гражданского флота, а также состава и боеспособности ВМФ РФ, экономия средств может составить до 15–20% общих затрат на производство ИСМ. При этом следует отметить, что ИСМ в силу специфики своего производства и применения наиболее удобно могут быть объединены в типоразмерные ряды, на основе которых унифицированные изделия дадут возможность реализовать все преимущества модульного принципа.

Таким образом, при ориентации на импортозамещение в отечественном судостроении с ежегодным увеличением доли отечественной продукции на 10–20%, ежегодная экономия средств может составить в масштабах страны до 8–10 млрд. руб. Однако следует отметить, что ожидаемый эффект может иметь место только при условии жест-

кой координации и научно-методического руководства со стороны управляющего процессом органа, которым должен стать НПП «ИСМ».

ИНЖЕНЕРНО-ИНФРАСТРУКТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НПП «ИСМ»

Стимулировать действующие производства ИСМ должно государство по нескольким направлениям:

1. Поддержка и развитие рыночных механизмов в сегменте ИСМ. Следует исходить из того, что ничего другого, кроме действующих производств, в России нет. Замена их продукции импортом приведет к ликвидации отечественного судостроения, что недопустимо из соображений государственной безопасности.

2. Обеспечение полноценного доступа на рынок ИСМ через информационные ресурсы свободного доступа, свободные и прозрачные конкурсы, а также через конкуренцию на российском и мировом рынках.

3. Стимулирование инновационных процессов. Каждое предприятие – проектант и изготовитель ИСМ должно иметь возможность выполнения НИОКР с финансированием из государственного бюджета.

4. Защита интересов отечественных производителей ИСМ на мировой арене. Должна быть создана система агрессивного противодействия попыткам несанкционированного использования отечественных инноваций и объектов «ноу-хау» зарубежными конкурентами. Необходимо активно противодействовать коррупционным схемам продвижения товаров зарубежных производителей на российский рынок в ущерб интересам отечественных предприятий. Для этого целесообразно использовать возможности и полномочия торговых представительств России за рубежом.

5. Расширение рекламного давления на Российские судостроительные предприятия с использованием ресурсов отечественных средств массовой информации с государственным участием с целью использования отечественных ИСМ.

Главным условием выполнения поставленной цели – создания эффективной и конкурентоспособной судостроительной отрасли – является включение ее в структуру инновационной экономики страны. Более того, судостроение может стать лидером в формировании инновационного народного хозяйства. Для этого в рамках отрасли необходимо создать инфраструктуру ее инновационного развития. Эта инфраструктура может стать моделью для других отраслей народного хозяйства России.

Инфраструктура должна состоять из следующих составляющих:

- а) организационные структуры стимулирования инноваций;
- б) меры стимулирования создания инноваций;
- в) информационное обеспечение процесса создания инноваций.

Организационными структурами стимулирования инноваций должны стать государственные предприятия, исполняющие роль посредника между государством и разработчиками инноваций. Посредник должен обладать функцией помощи разработчикам, но быть лишенным права мешать процессу в той или иной форме.

Стимулирование процесса создания инноваций должно заключаться в финансировании из государственного бюджета любого инновационного проекта при единственном условии, что заявитель сможет сформулировать привлекательную цель проекта. Риски отрицательного результата принимает на себя государство.

Сообщество лиц (юридических или физических) должно иметь доступ к информации о заявленных проектах и их целях для конкурентной борьбы на рынке инноваций. Опасения скептиков о том, что предлагаемая схема представляет собой питательную среду для мошенников от науки, не состоятельны. Портфель инновационных проектов для целей ИСМ минимален и не имеет перспектив расширения. В то же время ожидаемый эффект значительно превышает риски отрицательных результатов по НИОКР.

Инновационная экономика предполагает создание специализированных предприятий по производству продукции, базирующейся на результатах корректно выполненных НИОКР. Такие предприятия могут быть ориентированы на выпуск как монопродукции, так и на производство ограниченной номенклатуры близких изделий. Преимущественно это малые предприятия, пользующиеся преференциями, которые им предоставляет законодательство России.

В современных условиях отечественного судостроения переход на производство ИСМ специализированными предприятиями представляется единственно верным, но требующим большого времени на формирование своей структуры. Действующие производства на крупных машиностроительных предприятиях и судостроительных заводах будут естественным образом мешать процессу, включаясь в конкурентную борьбу за рынки сбыта своей продукции. Ускорить процесс создания конкурентоспособных отечественных производств может только интенсификация инновационных процессов.

ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НПЦ «СМ»

Для безусловного выполнения целей и задач стратегических документов, упомянутых ранее, необходимо достигнуть следующего:

- во-первых, создать головное предприятие (ядро) НПЦ «ИСМ» на базе ЗАО «ЦНИИ СМ», включить НПЦ «ИСМ» как головного исполнителя работ по созданию инновационного оборудования в стратегические документы развития судостроительной отрасли, а также в профильные федеральные целевые программы;
 - во-вторых, завершить формирование НПЦ «ИСМ» с юридическим оформлением механизмов взаимодействия предприятий, входящих в состав центра, обеспечить техническое перевооружение производственных мощностей центра в рамках государственно-частного партнерства;
 - в-третьих, разработать и освоить, включая полномасштабные испытания на собственных испытательных стендах, типоразмерные ряды, телекопических кранов и кранов-манипуляторов грузоподъемностью до 5 т на вылетах стрелы до 12 м, роторных рулевых машин для надводных кораблей различного водоизмещения, гидравлических насосов с электрогидравлическим управлением, гидроаппаратуры с улучшенными характеристиками на базе технических решений, найденных при создании погружных приборов управления, судовых минерализаторов дистиллята, палубного оборудования, в том числе шпиль, брашпиль, брашпильных приставок и швартовных лебедок, теплообменных аппаратов вспомогательного назначения.
 - в-четвертых, разработать и освоить, включая полномасштабные испытания на собственных испытательных стендах, типоразмерные ряды, судовой арматуры широкого профиля и различного назначения, перспективных устройств приема-передачи грузов траверсным и кильватерным способами, перспективных спуско-подъемных устройств, в том числе для буксируемых систем новых проектов кораблей, базовой модели буровой установки для подводных носителей, компонентов гидропривода для погружных гидросистем с рабочим телом «морская вода», судовых кранов большой грузоподъемности (до 150 т), судовых кранов сверхвысокой грузоподъемности (до 4000 т).
- Одно из приоритетных направлений, которому в настоящее время уже уделяется повышенное внимание, – это развитие системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации

кадров для обеспечения процесса разработки и сервисного обслуживания высокотехнологичных ИСМ. Всего в период 2017–2023 гг. должно быть подготовлено не менее 100 специалистов в области судового машиностроения, не менее 500 специалистов должны пройти переподготовку и курсы повышения квалификации кадров для обеспечения создания высокотехнологичных инновационных ИСМ.

Для решения поставленных целевых задач необходимы:

1. Организация рабочей группы, включающей в себя представителей предприятий, заинтересованных во вхождении в состав научно-технического центра, представителей ведущих научных учреждений отрасли, а также представителя Минпромторга для выработки уставных документов центра.

2. На основании стратегических документов, указанных в разделе 1, подготовить перечень серийных изделий для строящихся и планируемых к постройке заказов, а также перспективных НИОКР.

3. По результатам выработанного перечня представить технико-экономическое обоснование стоимости работ центра с целью получения финансирования для технического перевооружения производства, а также проведения опережающих НИОКР. Финансирование осуществляется в рамках государственно-частного партнерства с привлечением заемных средств под гарантии заключаемых договоров на поставку оборудования.

4. Заключить стратегические соглашения центра с ОАО «ОСК» и ВМФ РФ о поставке оборудования для строящихся и планируемых к постройке судов и кораблей.

5. Заключить стратегические соглашения центра с профильными ВУЗами и учреждениями специального образования для обеспечения целевой подготовки кадров.

6. Провести полномасштабные маркетинговые исследования судостроительной отрасли стран – потенциальных заказчиков продукции центра и разработка стратегии проникновения на данные рынки.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного, требуются следующие меры поддержки со стороны государства и финансового сектора при создании НПЦ «ИСМ»:

- повышение эффективности административного регулирования возможностей применения импортного оборудования, аналоги которого производятся или могут быть созданы и изготовлены в кратчайшие сроки в России;

- создание условий для увеличения объемов долгосрочного кредитования российских предприятий судового машиностроения;
- совершенствование действующей системы лизинга технологического оборудования для технического перевооружения предприятий судового машиностроения;
- расширение практики кредитования финансовыми институтами развития инвестиционных проектов новых производств на предприятиях судового машиностроения;
- создание условий для роста инвестиций в обновление основных фондов и технологическую модернизацию предприятий судового машиностроения за счет совершенствования амортизационной политики, включая внедрение механизмов ускоренной амортизации;
- использование механизмов налогового стимулирования в рамках реализации приоритетных направлений промышленной политики в области ИСМ;

- стимулирование реализации проектов, связанных с внедрением инновационных разработок, ресурсо- и энергосберегающих технологий, техническим и технологическим перевооружением предприятий судового машиностроения;
- содействие разработке новой конкурентоспособной продукции ИСМ в рамках решения задачи по повышению конкурентоспособности отечественного судостроения;
- государственная поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке базовых и прорывных технологий ИСМ, соответствующих требованиям рынка и стратегиям развития машиностроения и судостроения;
- развитие механизмов государственно-частного партнерства, включая разработку и реализацию важнейших инновационных проектов в области ИСМ;
- обеспечение поддержки российского экспорта промышленной продукции ИСМ, в том числе путем субсидирования процентных ставок по кредитам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы».
2. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.
5. Паспорт Программы инновационного развития АО «ОСК».
6. Программа инновационного развития АО «Газпром» до 2020 г.
7. Паспорт Программы инновационного развития АО «НК «Роснефть».
8. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 г.
9. Концепция развития прибрежного рыболовства в приморских регионах Российской Федерации до 2020 года (проект).
10. Александров М. А., Богданов А. Г. Состояние и перспективы развития судового машиностроения // Морской вестник. – 2017. – № 2(62). – С. 49–51. ■

Одним из перспективных направлений развития ООО «Винета» является освоение в производстве различных композиционных материалов для изготовления изделий кораблестроения и гражданского судостроения.

На сегодняшний день производство композиционных материалов и изделий из них является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности. В судостроении и кораблестроении все чаще находят применение композиционные материалы, такие как стеклопластик, углепластик, многослойные композиционные материалы, имеющие средний слой из синтактиков. Каждый из этих материалов занимает свою нишу применения в судостроении. Так, углепластики на эпоксидном и винилэфирном связующем применяются при изготовлении силовых и несущих конструкций корпусов и надстроек кораблей. Полиэфирный стеклопластик широко используется при строительстве судов небольшого водоизмещения – изготовлении корпусов и надстроек целиком. Многослойные композиционные материалы применяются при строительстве корпусов и надстроек судов, позволяя значительно облегчить конструкцию и повысить теплоизоляцию наружных стенок. Однако для ряда специальных изделий судового машиностроения необходимы материалы с иными свойствами. К их числу относятся системы очистки воздуха для судовых газотурбинных и дизельных двигателей.

В конструкции воздухоочистных

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ООО «ВИНЕТА» ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

*И.В. Плещенков, вед. инженер-конструктор по внедрению
нового оборудования ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048*

устройств инерционного типа для создания крутоизогнутых воздушных каналов применяется набор тонкостенных элементов сложной формы (лопаток), работающих в сложных условиях морской атмосферы и загрязнений. Их изготовление из перечисленных композиционных материалов не всегда технически оправданно. На ООО «Винета» были проведены опытно-конструкторские работы по выбору композиционного материала для изготовления тонкостенных изогнутых элементов толщиной 2 мм. Лопатки, изготовленные методом контактного формования из стеклопластика на полиэфирном связующем, не имели необходимой точности формы и прочности. Изготовление лопаток методом вакуумной инфузии является весьма длительным процессом и не обеспечивает повторяемость в условиях мелкосерийного производства. Применение эпоксидного углепластика, судя по результатам опытных работ, воз-

можно, но стоимость материала весьма высока, и данный вид материала имеет особые требования к хранению заготовок – его препрег необходимо хранить при низких отрицательных температурах (в среднем при -18°C).

В рамках создания перспективных воздухоочистных устройств инерционного типа и реализации результатов НИР «Облако» на предприятии ООО «Винета» выполнены работы по изготовлению образцов и тонкостенных элементов сложной формы из термопластичного материала с матрицей из полисульфона армированного базальтовой тканью полотняного плетения. Проведены испытания образцов материала. Заготовкой для данного материала является препрег, который может храниться при комнатной температуре как минимум в течение года, этим он выгодно отличается от препрега эпоксидного углепластика. При применении термопластичного препрега нет

Основные характеристики термопластичного композиционного материала

Показатель	Значение
Плотность, г/см ³	1,57
Относительное содержание связующего, %	40–45
Разрушающее напряжение при статическом растяжении, МПа: в продольном направлении в поперечном направлении волокон	210 170
Модуль упругости в продольном направлении, в поперечном направлении волокон, ГПа	12,0
Модуль сдвига, ГПа: в продольном направлении в поперечном направлении волокон	1,9 2,1
Предельное относительное, %: удлинение в продольном направлении в поперечном направлении волокон	1,9 1,1
Разрушающее напряжение при статическом сжатии, МПа: в продольном направлении в поперечном направлении волокон, МПа	115 113
Разрушающее напряжение при поперечном изгибе, МПа: в продольном направлении в поперечном направлении волокон	220 200

необходимости организовывать участки для подготовки связующего, чтобы пропитывать наполнитель, как в случае композиционного материала на полиэфирной и винилэфирной матрице. Термопластичный материал дешевле углепластика.

Для изготовления термопластичного материала из препрега на ООО «Винета» был использован общепромышленный пресс с обогреваемой металлической оснасткой. Цикл горячего формования из препрега значительно короче, чем в случае инфузии с применением автоклавной технологии. Таковы значительные преимущества термопластичного материала, используемого при изготовлении большого количества тонкостенных профильных деталей.

На основе разработанной технологии были изготовлены образцы термопластичного композиционного материала методом горячего формования из препрега в металлических пресс-формах. Исследования свойств образцов проводилось в 2016–2017 гг.: определение физико-механических свойств образцов проводилось в ФГУП НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», испытания на выносливость при циклическом изгибе – в ФГУП «Крыловский государственный научный центр», испытания на определение показателей пожарной опасности – в АО «АСМ». Основные физико-механические характеристики при комнатной температуре материала приведены в таблице.

Основные механические свойства термопластичного композиционного материала сравнимы со свойствами по-

лиэфирного стеклопластика. Данный материал по сравнению с углепластиком и стеклопластиком имеет меньшую анизотропию свойств, при температурах от –30°С до +70°С не наблюдается ухудшения механических свойств. Материал сохраняет свои основные свойства при температурах до 150°С, обладает хорошим пределом ограниченной выносливости при циклическом изгибе, близким к значениям для углепластика. Также материал имеет хорошие электроизоляционные и теплоизоляционные свойства, не способствует коррозии металлических деталей, соединяемых с ним, обладает химической стойкостью. Материал успешно прошел испытания на определение показателей пожарной опасности и отнесен к труднгорючим; может применяться внутри жилых помещений кораблей ВМФ.

Однако данный материал не лишен недостатков. Изготовление термопластичного препрега данного термопластичного материала – сложный процесс. Высокая вязкость полисульфона значительно ухудшает качество пропитки армирующего материала, при применении расплавной технологии пропитки высока вероятность возникновения барьерного слоя между матрицей и наполнителем – армирующий материал остается «сухим», что становится причиной низких или нестабильных физико-механических свойств. Расплавная технология получения препрега – весьма энергоемкий процесс (температуры переработки – более 300°С). Последующее прессование пластика из такого препрега практически не влияет на глубину пропитки, хотя возможна пред-

варительная подготовка поверхности апретами, но это значительно усложняет процесс производства материала. Возможно изготовление препрега по волоконной технологии, но аморфные термoplastы не склонны к волокнообразованию, кроме того, эта технология требует использования специализированного оборудования.

Применение растворной технологии пропитки дает лучший результат, хотя это технологически сложный многостадийный процесс, требующий для работы сложных рекуперационных устройств.

Пропитка проводится в несколько этапов, данный процесс требует тщательного подбора растворителя. Это обстоятельство ограничивает круг потенциальных поставщиков препрега. В нашем конкретном случае удалось получить препрег требуемого качества.

Необходимо отметить сложности при выполнении сборки узлов из деталей, изготовленных из термопластичных композиционных материалов, вследствие инертности большинства термoplastов. Применение термической сварки вне лабораторных условий не всегда технически реализуемо – реальные детали сложнее по форме и различны по толщине в отличие от опытных образцов, кроме того, большинство термoplastов являются теплоизоляторами, и при подводе значительного количества тепла вероятны деформация деталей и выгорание связующего. Применение клеев для соединения деталей или клеезаклепочного соединения вызывает определенные сложности, потому что результат сильно зависит от совместимости основы клея и связующего, а также от качества подготовки склеиваемых поверхностей.

Термопластичные композиционные материалы на аморфной матрице не получили широкого распространения в отличие от «традиционных» стеклопластика и углепластика на полиэфирной и эпоксидной матрице. Но в ряде специфических задач, например при изготовлении большого количества тонкостенных элементов сложной формы, эти материалы приобретают уникальное сочетание свойств и характеристик.

Освоение термопластичного материала целесообразно для изготовления относительно небольших изделий судового машиностроения, в том числе тонкостенных, к которым предъявляются требования повышенных термостойкости, вибропрочности, электроизоляционных и теплоизоляционных свойств при относительно невысокой пиковой механической прочности. ■

В качестве автономных источников тока в объектах вооружения военной и специальной техники (ВВСТ) используются источники различных классов (радиоизотопные прямого преобразования, термоэлектрические, термоэмиссионные, фотоэлектрические, турбогенераторные, бензо- и дизель-электроагрегаты, химические, электроветровые, электрогидродинамические и некоторые другие). Среди всех этих источников электрической энергии доминирующее положение по широте номенклатуры и областям применения занимают химические источники тока (рис. 1) [1–20].

Химические источники тока (ХИТ) составляют основу систем автономного электропитания различных объектов ВВСТ и в значительной степени определяют такие важнейшие тактико-технические и эксплуатационные характеристики, как энерговооруженность, мобильность, живучесть, эффективность функционирования и надежность современных и перспективных систем и комплексов навигации, связи военного назначения, автомобильной, бронетанковой, авиационной и космической техники, специальных фортификационных сооружений различных уровней защиты, надводных и подводных кораблей различных классов, различного рода автономных роботизированных систем, средств боевой экипировки военнослужащих и т. д.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.С. Афанасьев, канд. техн. наук, начальник,

М.А. Болдырев, ст. науч. сотрудник,

филиал ФГБУ «46 ЦНИИ» МО РФ,

Б.В. Жмуров, канд. техн. наук, доцент, зам. ген. директора

ООО «Экспериментальная мастерская «НаукаСофт»,

А.С. Петрушенко, зам. ген. директора – технический директор

АО «Системы управления и приборы»,

контакт. тел. (812) 320 2393, +7(495) 586 8255

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОДВОДНЫХ ЛОДОВ И ГЛУБОКОВОДНЫХ АППАРАТОВ

Основным направлением развития тяговых свинцовых аккумуляторов для подводных лодок (ПЛ) явилось повышение их удельных энергетических характеристик с целью обеспечения надежности эксплуатации главной энергетической установки атомных подводных лодок (АПЛ) и повышение тактико-технических характеристик ПЛ с дизель-электрической энергетической установкой (ДПЛ).

ров использованы более энергоемкие, но менее коррозионностойкие тонкие намазные электроды и электролит повышенной концентрации серной кислоты, что непременно привело к снижению их ресурсных характеристик.

При создании аккумуляторных батарей для АПЛ нового поколения были определены основные требования к ним как аварийно-резервному источнику электроэнергии с учетом перспектив развития энергетических установок АПЛ и самих аккумуляторных батарей.

Наиболее серьезными из предъявляемых требований являются высокая

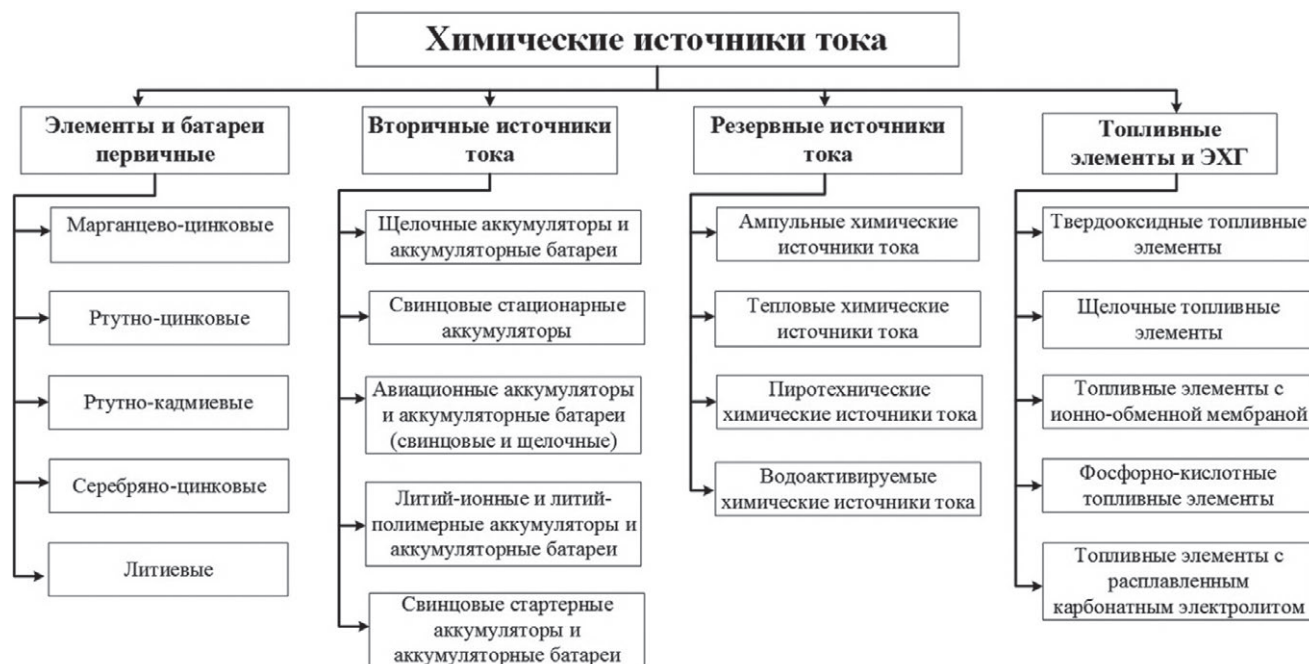


Рис. 1. Классификация химических источников тока

В зависимости от назначения ХИТ классифицированы по обобщенным группам, характеризующим общностью условий применения (рис. 2).

В связи с повышенными требованиями отечественных ДПЛ к потреблению электроэнергии от аккумуляторной батареи на общекорабельные нужды (по сравнению с иностранными) в конструкции тяговых свинцовых аккумулято-

удельная энергоемкость в сочетании с необходимостью длительно сохранять полностью заряженное состояние без проведения «лечебных» циклов аккумуляторной батареи, так как допустимая продолжительность хранения аккумуля-

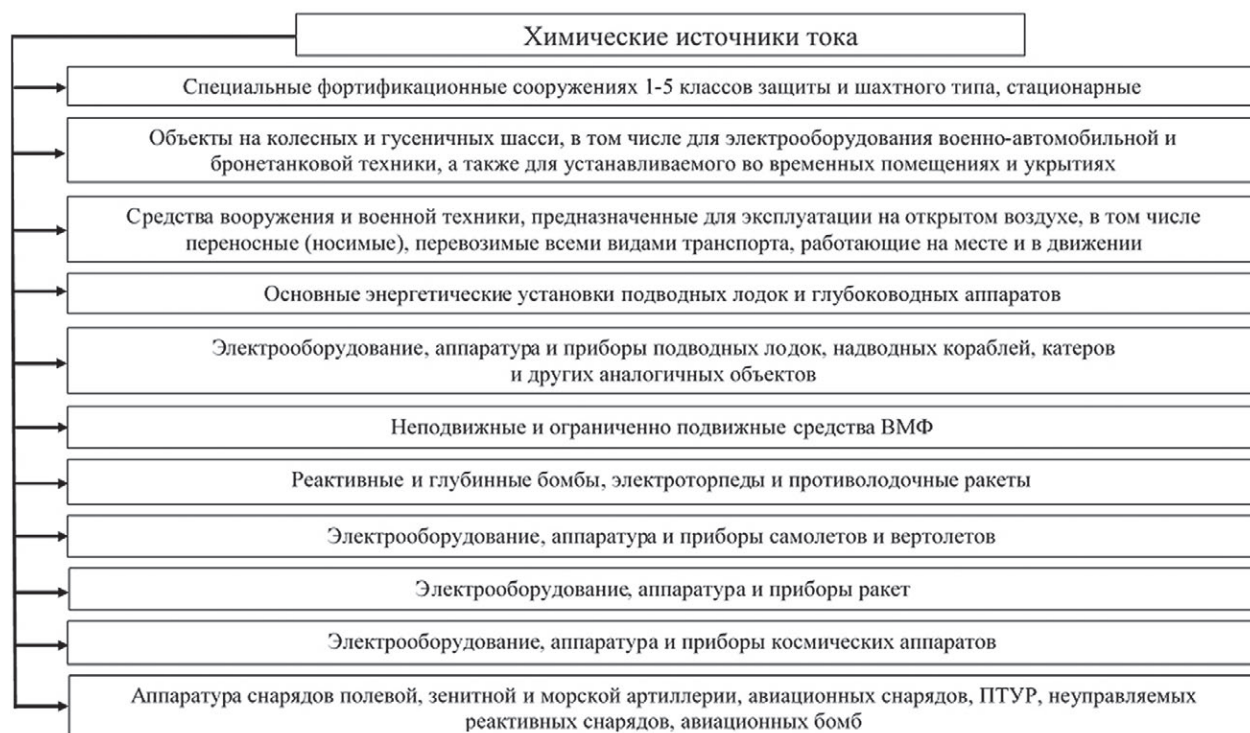


Рис. 2. Обобщенные группы применения химических источников тока

торной батареи в заряженном состоянии при постоянной готовности к немедленному разряду позволяет обеспечить заданную автономность плавания АПЛ.

Увеличение автономности плавания АПЛ нового поколения поставило вопрос увеличения времени непрерывного использования аккумуляторных батарей без проведения «лечебных» циклов с 2000–3000 до 4000–5000 часов. Однако проведенные исследования показали, что все типы серийно выпускаемых аккумуляторов для АПЛ не обеспечивают эксплуатацию в течение 4000–5000 часов в период их срока службы. Максимальный срок службы серийного изделия, достигнутый при эксплуатации на стенде по методике, приближенной к условиям эксплуатации периодами по 4000–5000 часов составил 24–30 месяцев. Основными причинами снижения срока службы аккумуляторов при увеличении времени непрерывной работы является коррозия токоотводов положительных электродов и сульфатация отрицательных пластин.

Для аккумуляторных батарей ДПЛ в качестве основных характеристик определены удельная энергия и наработка в условно-полных циклах (УПЦ). Изделие, разработанное специально для ПЛ с дизель-электрическими энергетическими установками, имеет высокую удельную энергию при сроке службы 2 года и наработке 80 УПЦ. Удельная энергия этого аккумулятора может быть признана удовлетворительной на ближайшие два-три года. В дальнейшем основное

внимание следует уделить повышению ресурсных характеристик до 5 лет и 200 УПЦ в соответствии с межремонтным сроком эксплуатации перспективных ДПЛ.

Для специальных подводных аппаратов, наряду со свинцово-кислотными аккумуляторами, находят применение аккумуляторы в погружном исполнении серебряно-цинковой и никель-цинковой электрохимических систем. Однако они имеют высокую стоимость, и кроме того, не в полной мере отвечают требованиям объектов применения, поскольку имеют малые срок службы и наработку, негерметичность, большой объем обслуживания.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, АППАРАТУРЫ И ПРИБОРОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК, НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ, КАТЕРОВ И ДРУГИХ АНАЛОГИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Питание низковольтного освещения, систем радиосвязи, электростартеров, специальных судовых светильников, аппаратуры спецделений и других потребителей осуществляется почти исключительно аккумуляторными батареями двух электрохимических систем: никель-кадмиевой и свинцово-кислотной. Специальных разработок практически нет, поэтому из свинцово-кислотных стартерных батарей используется весь ряд автомобильных, тракторных и авиационных источников, емкостью от 45 до 215 А·ч, напряжением от 6 до

24 В. Для запуска двигателей и питания постоянным током электрических цепей военных катеров в 70-х гг. были разработаны специализированные батареи серии СТК.

Никель-кадмиевые аккумуляторы и батареи на их основе применяются как вентильного, так и герметичного исполнения, емкостью от 3 до 125 А·ч, напряжением от 1,2 до 80 В.

Все источники устаревших конструкций и имеют недостатки. На комплектации и снабжении находится более 90 типоразмеров, незаменимых по габаритно-присоединительным размерам.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ НЕПОДВИЖНЫХ И ОГРАНИЧЕННО ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ВМФ (МИН, БУЕВ И ДРУГИХ АВТОНОМНЫХ СРЕДСТВ)

Питание аппаратуры радиотехнического вооружения (средств гидроакустического противодействия, обнаружения подводных лодок, анализаторов, средств легких водолазов, сигнализаторов, выпускных автономных устройств и станций связи), морского минного оружия, навигационных средств и тому подобного осуществляется источниками традиционных электрохимических систем: марганцево-цинковой, ртутно-цинковой, серебряно-цинковой, никель-кадмиевой, магний-хлористосеребряной и магний-хлористомедной, а на ряде объектов имеет место применение источников тока литиевой и литий-ионной электрохимических систем. Использо-

ется более 40 типоразмеров как общепринятой, так и специализированной конструкции.

Батареи марганцево-цинковых элементов серии МЦ имеют наливную конструкцию, которая обеспечивает хранение в незалитом состоянии в течение 5 лет, после заливки срок годности составляет 2 месяца. В требуемом диапазоне рабочих температур при невысоких нагрузках они обеспечивают функционирование аппаратуры в течение 200–3500 часов. Остальные применяемые элементы берутся из стандартного ряда, срок сохраняемости которых не превышает 18 месяцев.

Блоки питания на основе серебряно-цинковых аккумуляторов серии СЦС используются в средствах гидроакустического противодействия, где требуются очень большие токи разряда (до 500 А). Применение в основном одноразовое, но, кроме того, они имеют с высокую стоимость, а подготовка батарей к работе и поддержание их в боеготовом состоянии требуют выполнения длительных операций с использованием специального оборудования. Существует около 10 типоразмеров батарей, ориентированных под конкретные объекты.

Никель-кадмиевые аккумуляторы представлены герметичными изделиями емкостью от 0,9 до 30 А·ч и аккумуляторами с длительной сохранностью заряда, емкостью от 1,5 до 10 А·ч. Батареи герметичных аккумуляторов используются в основном в средствах связи подводных аппаратов многоразового действия, а батареи аккумуляторов с длительной сохранностью энергии применяются в выпускаемых автономных устройствах связи одноразового действия и минном оружии.

Водоактивируемые ХИТ условно можно разделить на силовые и аппаратурные. Силовые батареи предназначены для разряда большими токами (до 200 А) в течение небольшого времени (до 30 мин.). Это, в основном, относится к средствам гидроакустического противодействия. Основной электрохимической системой до настоящего времени остается магний-хлористосеребряная. Завершенные разработки аналогичных источников без использования серебра на вооружение до сих пор не приняты из-за практического прекращения финансирования разработок объектов применения. Для средств гидроакустического обнаружения подводных объектов характерна также приостановка разработки *гидронных батарей* взамен марганцево-цинковых наливной конструкции по вышеуказанной причине. Исключение составляют магний-хлористомедные источники для авиационно-корабельных мин.

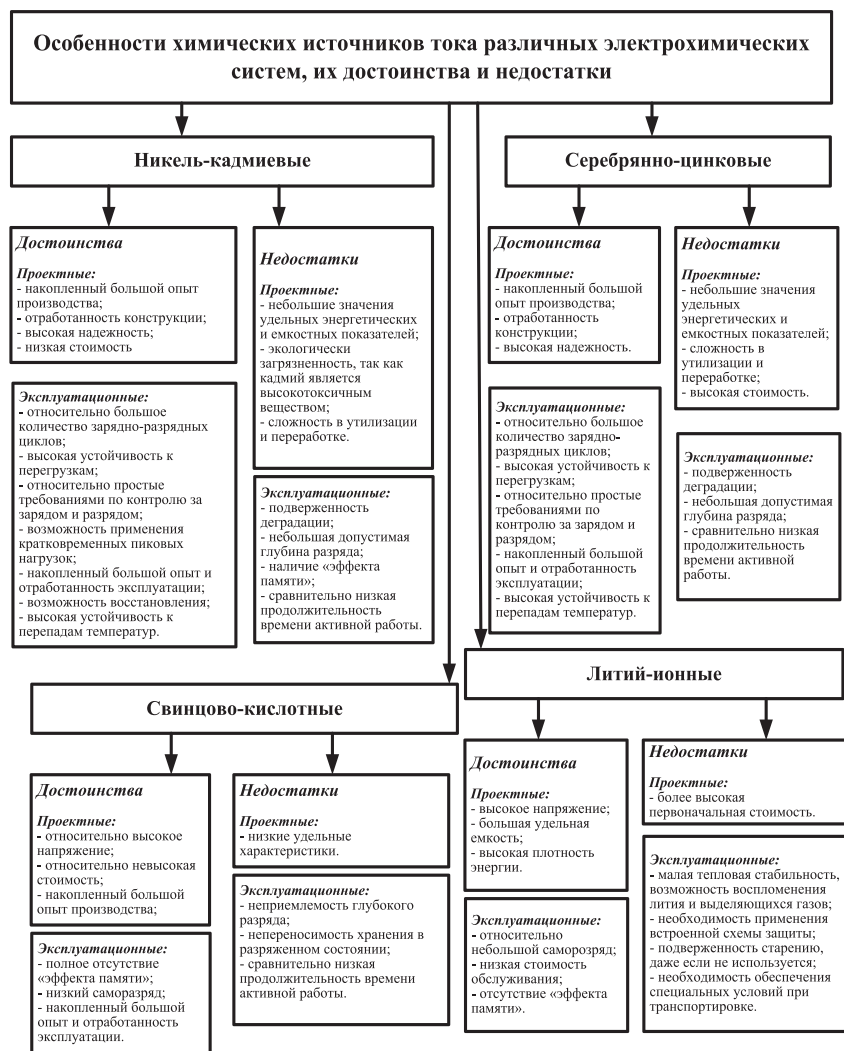


Рис. 3. Особенности электрохимических аккумуляторов различных типов ХИТ, их достоинства и недостатки

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ И ГЛУБИННЫХ БОМБ, ЭЛЕКТРОТОРПЕД И ПРОТИВОЛОДОЧНЫХ РАКЕТ

Характерной особенностью ХИТ данной группы является то, что они функционально представляют собой основные энергетические установки объектов ВВСТ. Сочетание требований больших сроков сохраняемости до применения (10 лет и выше), постоянной готовности к высокой удельной энергии — обусловило использование в батареях, ампульной и водоактивируемой конструкции наиболее высокоэнергоемких электрохимических систем, таких как серебряно-цинковая, магний-хлористое серебро и магний-хлористая медь. В практических торпедах многоразового использования (учебных) применяются серебряно-цинковые аккумуляторы.

Для данной группы характерно потребление большого количества серебра, поэтому основным направлением развития за последние 10–15 лет был поиск серебросберегающих технологий. Система магний-хлористая медь хотя и обладает достаточно высокими энер-

гетическими характеристиками, но по удельной энергии она не удовлетворяет перспективным требованиям торпедно-го оружия.

Будучи составной частью объекта применения, такие источники конструктивно строго ориентированы на него, и унификация между типами батарей возможна только на уровне комплектующих, т. е. электродов, межэлементных соединений и т. д., к примеру, торпеды унифицированы между собой по калибру.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ ВООРУЖЕНИЯ ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Эксплуатационные характеристики ХИТ определяются как типом и конструкцией, так и режимами эксплуатации (рис. 3). Если конкретный тип аккумулятора не имеет явных конструктивных недостатков, то определяющим фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики, становятся усло-

вия эксплуатации. Специфика морской эксплуатации накладывает повышенные требования к надежным характеристикам конструктивных элементов средств ВВСТ, в том числе и химических источников тока.

Срок службы и надежность химических источников тока определяется их конструктивными и технологическими особенностями, а также условиями хранения и эксплуатации. Важнейшие эксплуатационные характеристики – надежность, суммарное время хранения и эксплуатации, разрядные характеристики и другие – в большой мере зависят от условий эксплуатации и хранения.

Ухудшение работы или выход из строя ХИТ происходит, если имеет место дефект производства; нарушены условия эксплуатации батареи (ускоренный износ); полностью исчерпали естественный ресурс.

Дегградация характеристик ХИТ определяется обратимыми и необратимыми процессами в них, а также режимами и условиями работы. Дегградационные процессы классифицируются по месту их протекания (рис. 4).

ВЫВОДЫ

Анализ применяемости ХИТ в военной технике показывает, что в настоящее время номенклатура ХИТ военного и (или) двойного назначения насчитывает более 1500 типов изделий на основе различных электрохимических систем, многие из которых не соответствуют современному уровню развития военной техники и требуют замены на более эффективные.

Номенклатура ХИТ, используемая в настоящее время для обеспечения автономного электропитания объектов ВВСТ, в основном базируется на традиционных электрохимических системах с водным электролитом (марганцево-цинковой, ртутно-цинковой, никель-кадмиевой, никель-металлгидридной, свинцово-кислотной, серебряно-цинковой, и др.), возможности которых по обеспечению перспективных требований практически исчерпаны.

Химические источники тока морских средств ВВСТ в значительной степени влияют на их работоспособность и ресурс.

Выполненный анализ применяемых типов ХИТ морских средств ВВСТ позволяет обобщить и унифицировать основные требования к конструктивным и эксплуатационным характеристикам разрабатываемых новых ХИТ. Унификация данных требований позволит снизить расходы на разработку и изготовление новых объектов ВВСТ.



Рис. 4. Основные процессы, приводящие к деградации характеристик ХИТ при их эксплуатации

ЛИТЕРАТУРА

1. Alcad Sweden, Швеция – <http://www.alcad.com>
2. Bioenno Power/Bioenno Tech LLC, США – <http://www.bioennopower.com>
3. Di Chen. Microscopic Investigations of Degradation in Lithium-Ion Batteries. Doktor der Ingenieurwissenschaften der Fakultät für Maschinenbau Karlsruher Institut für Technologie (KIT). – <http://dig-bib.uibk.uni-karlsruhe.de/volltexte/documents/2192707>.
4. Dragonfly Energy, США – <http://www.dragonflyenergy.net/>
5. Elite Power Solutions, США – <http://elitepowersolutions.com>
6. FIAMM Group, Италия – <http://www.fiamm.com>
7. Fujian Minhua Power Source Co., Ltd, Китай – <http://mhbbattery.ru>
8. Global Battery Co. Ltd., Корея – <http://www.rocketbatteries.net/>
9. Bergveld H.J., Kruijt W.S. and Notten P.H. Electronic-network modelling of rechargeable NiCd cells and its application to the design of battery management system // Journal of Power Sources-77. – 1999. – P. 143–158.
10. Inci Aku, Турция – <http://www.inciaku.ua> – <http://www.inciaku.com>
11. Wilson M. and Dahm J.R., «Lithium Insertion in Carbons Containing Nanodispersed Silicon». – 1995. – Vol. 142. – № 2. – P. 326–332.
12. Benger Ralf, Wenzl Heinz, Hans-Peter Beck, Jiang Meina, Ohms Detlef, Schaedlich Gunter. Electrochemical and thermal modeling of lithium-ion cells for use in HEV or EV application. – EVS24, Stavanger, Norway, May 13–16, 2009.
13. Saft <http://www.saftbatteries.com>
14. Shrikant C. Nagpure, Bhushan Bharat, Suresh Babu Sudarsanam, Rizzoni Giorgio, Guezennec Yann. Aging Mechanisms in Li-ion Batteries – www.mecheng.osu.edu/nlbb/files/nlbb/battery_aging_09.pdf.
15. Sinopoly New Energy Investment Co., Ltd, Китай – <http://www.sinopolybattery.com>
16. Storage Battery Systems LLC, США – <http://www.sbsbattery.com>
17. Yamaue Tatsuya. Modeling Thermal Runaway for Safer Lithium Ion Batteries. – http://www.comsol.com/stories/kobelco_lithium_ion_batteries/full.
18. Srinivasan V. and Wang C. Y. Analysis of Electrochemical and Thermal Behavior of Li-Ion Cells // Journal of The Electrochemical Society. – 2003. – 150 (1). – A98-A106.
19. VARTA Büsche & Müller, Германия – <http://www.varta-automotive.ru> www.varta-automotive.com
20. Кедринский И.А. и Яковлев В.Г. – Литий-ионные аккумуляторы. – Красноярск: Платина, 2002, p. 268. ■

На сегодняшний день в АО «СПМБМ «Малахит» разработкой РКД прокладки кабелей и установки деталей крепления кабельных трасс занимается значительная часть персонала. Проблемой при разработке такой документации является большой объем информации, которую требуется обработать, сортировать и выбирать при разработке чертежа.

В АО «СПМБМ «Малахит» научились успешно применять 3D-моделирование, но пока не для всех заказов, поэтому решение оперативных вопросов по разработке РКД прокладки кабелей и установки деталей крепления кабельных трасс осуществляется в САД-системах, при этом многие операции выполняются вручную, что отнимает очень много времени и сил.

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ЧЕРТЕЖЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

В 2017 г. сотрудниками нашего конструкторского бюро было разработано специализированное программное обеспечение (ПО) по прокладке кабелей, основанное на следующем:

- использование блоков с атрибутами для кабеля и подвесок в чертеже;
- сортировка по алфавиту и порядковому номеру блоков с индексами;
- придание цветовых свойств блоку кабеля в соответствии со свойствами прокладки кабеля;
- возможность визуализации маршрута конкретного кабеля, и вывод списка кабелей в конкретной точке трассы.

Благодаря разработке данных инструментов удалось упорядочить и оптимизировать такие процедуры, как:

- расчет сечений трасс;
- расчет длин кабелей;
- выбор подвесок;
- подсчет количества подвесок на чертеже;
- процент заполнения подвески;
- подготовка данных для разработки ведомостей грунтовки и окраски.

Автоматизация рутинных процессов позволила сократить время разработки РКД, снизить количество ошибок и, следовательно, повысить качество получаемых чертежей, а также упростить их дальнейшую корректировку.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ПРОКЛАДКЕ КАБЕЛЕЙ

С.А. Митриченко,

инженер-конструктор 3-й категории АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 640 1051

За прошедший год специалистами АО «СПМБМ «Малахит» удалось усовершенствовать ПО, которое оптимизирует работу конструктора, автоматизирует большинство рутинной работы.

Данное ПО позволяет:

- визуализировать маршрут конкретного кабеля и отобразить список кабелей в определенной точке трассы;
- автоматически выявлять различия между заказами одного проекта;
- рассчитать длину кабелей по чертежу;
- визуализировать удаленные кабели;
- выбрать необходимую подвеску для данного участка трассы;
- подсчитать процент заполнения подвески.

В развитие данного метода необходимы:

- разработка программного средства, позволяющего в автоматизированном режиме разрабатывать чертежи прокладки кабелей и крепления кабельных трасс;
- подготовка специализированной пошаговой инструкции по применению программы разработки чертежей прокладки кабелей и крепления кабельных трасс;
- формирование предложений по доработке данного ПО.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

ПО отвечает требованиям совместимости:

- с версией AutoCad 2014 (рекомендуемая версия);
- с версией Excel 2010 (рекомендуемая версия).

ПО выполняет следующие функции:

- визуализация маршрута прокладки кабеля (рис. 1);
- автоматизированное формирование выноски с блоками кабелей проходящих в конкретной точке трассы (см. рис. 2);
- автоматизированный расчет сечений участка трассы (рис. 3);
- выбор типа подвесок для участка трассы;

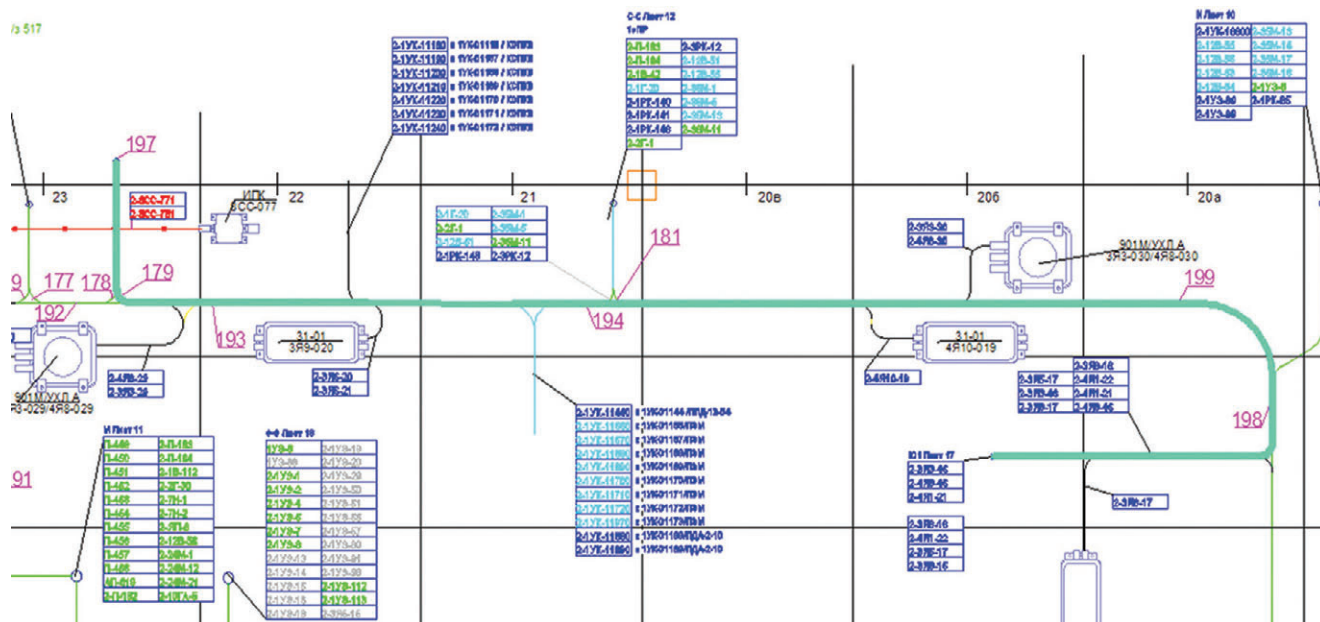


Рис. 1. Визуализация маршрута

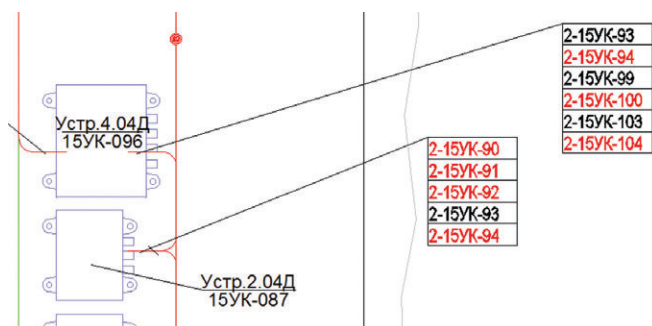
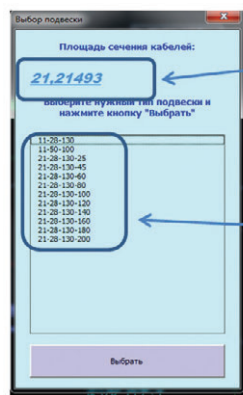


Рис. 2. Автоматическое формирование выносок с блоками кабелей



Сечение трассы в контрольной точке

Выбор типа подвесок

Рис. 3. Расчет сечения трассы и выбор подвески

- автоматизированный расчет длин кабелей по чертежу. Кнопка для автоматического расчета длин всех кабелей по чертежу изображена ниже:



- автоматизированный подсчет количества подвесок на чертеже каждого типоразмера (рис. 4).

E29				
	A	B	C	D
1	Тип подвески	Количество		
2	21-XX-130-XX	2		
3	21-XX-100-XX	2		
4	21-XX-180-XX	2		
5	21-XX-200-XX	2		
6	21-XX-230-XX	2		
7	21-XX-260-XX	2		
8	21-XX-300-XX	2		
9	21-XX-80-XX	2		
10	90-130-170	1		
11	21-28-100-60	1		
12	21-28-130-60	2		
13	21-28-100-45	7		
14	4x30x70	14		

Рис. 4. Расчет количества подвесок

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ ДАННОГО МЕТОДА

1. Для упрощения взаимодействия прокладчиков смежных помещений и палуб предлагается визуализировать точки переходов в другие чертежи (вырезы, кабельные коробки и стаканы) на планах помещений. Иными словами, прокладчик создает вырез и указывает его на плане в САПР ЭЧ. Предлагается импортировать визуализированные точки перехода в СПО «Прокладка».

2. Необходимо иметь возможность выделять силовые кабели в отдельную группу, присваивать им свой код про-

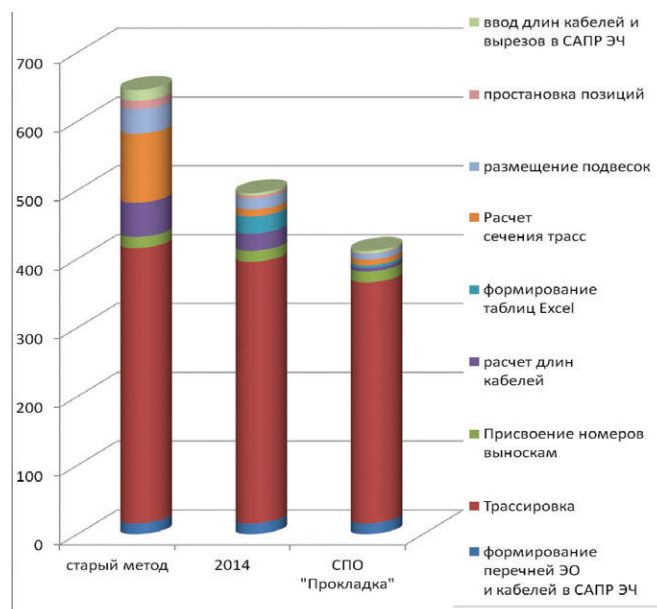


Рис. 5. Сравнение временных затрат

кладки, как это сделано для слаботочных кабелей, с целью получения отдельного перечня силовых кабелей для дальнейшей обработки с СПО «Прокладка».

3. Разработать инструмент «Загрузка из таблицы Excel» в СПО «Прокладка» для сокращения времени разработки чертежа прокладки кабелей. Предлагается загружать кабели в соответствующие вырезы, а также их длину.

4. Рассмотреть возможность применения и реализации алгоритмов нахождения кратчайшего пути следования кабеля по чертежу прокладки кабелей.

5. Необходимо добавить возможность выбора мостов для крепления трасс.

Достоинства программного обеспечения по прокладке кабелей:

- сокращение времени разработки РКД;
- существенное упрощение дальнейших корректировок;
- уменьшение количества ошибок за счет автоматизации;
- использование модернизированного метода позволяет упорядочить взаимодействие между разработчиками чертежей прокладки (единый формат, цветовая палитра, использование единой палитры подвесок, слою, перечень кабелей перехода в другие чертежи);
- понятный и удобный интерфейс, включающий в себя все выше представленные программные средства.

Сравнение временных затрат представлено на рис. 5.

В результаты работы:

- обновлено программное средство СПО «Прокладка», позволяющее разрабатывать чертежи прокладки кабелей и крепления кабельных трасс в автоматизированном режиме;
- перевыпущена специализированная пошаговая инструкция по работе с ПО «Прокладка»;
- данная инструкция разработана с использованием системы AutoCad, требований нормативных документов (ГОСТов, ОСТов и СТП), положений и распоряжений по пр. 09717, предъявляемых к выпускаемой РКД;
- сформированы технические предложения по доработке СПО «Прокладка» и САПР ЭЧ с целью дальнейшей оптимизации процесса разработки чертежей прокладки кабелей и деталей крепления кабельных трасс.

Практическое внедрение результатов настоящей НИР позволило упорядочить взаимодействие между разработчиками чертежей прокладки, повысить качество и конкурентоспособность выпускаемой организацией продукции. ■

Постоянный рост энерговооруженности кораблей и переход на более высокие параметры работы энергетических систем, увеличение доли пожароопасных помещений повышают взрывопожароопасность кораблей, что требует соответствующей «компенсации» в виде «усиления» противопожарной защиты.

Практически в каждом помещении корабля всегда имеется окислитель в виде кислорода воздуха. Поэтому пожароопасность помещений зависит от того, какие горючие вещества в них находятся и какова возможность появления в данном помещении источника зажигания достаточной мощности. При прочих равных условиях более высокую пожароопасность имеют помещения с наличием горючих жидкостей и горючих газов. Опасность пожара исключается в помещениях, в которых полностью отсутствуют горючие вещества и окислитель в необходимой для горения концентрации, или объективно невозможно появление источника зажигания.

Одним из основных конструктивных мероприятий обеспечения взрывопожаробезопасности кораблей является оснащение их активными системами и средствами противопожарной защиты, способными эффективно ликвидировать любые пожары.

На данный момент они представлены:

- системами объемного химического пожаротушения;
- системами объемного аэрозольного пожаротушения;
- системами пенного пожаротушения;
- системами водяного пожаротушения.

В основе работы системы аэрозольного объемного пожаротушения лежит процесс ингибирования огнетушащими мелкодисперсными твердыми частицами аэрозоля процесса горения. В процессе работы генератора образующийся огнетушащий аэрозоль заполняет защищаемое помещение и обеспечивает ингибирование мелкодисперсными конденсированными частицами цепных реакций в пламенной зоне горения, что

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА КОРАБЛЯХ ВМФ

М.Б. Белов, канд. техн. наук, капитан 1 ранга в отставке, ст. преподаватель кафедры,

А.Ю. Кудряшов, капитан 2 ранга, слушатель,

А.Ю. Кудрявцев, капитан 3 ранга, слушатель,

А.С. Беляев, капитан-лейтенант, слушатель, ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. +7(921) 654 9565, +7(911) 798 3883, +7(921) 158 7137

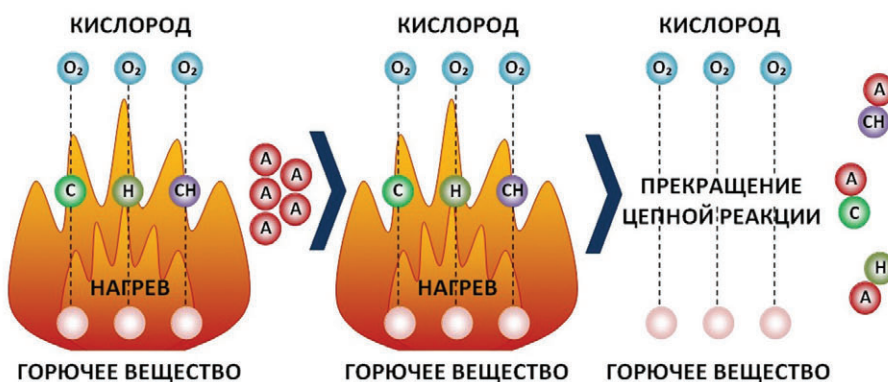


Рис. 1. Схема работы системы аэрозольного пожаротушения

приводит к снижению тепловыделения. В течение 30–50 минут после окончания работы генераторов огнетушащий аэрозоль находится во взвешенном состоянии, и в помещении сохраняется огнетушащая концентрация аэрозоля, исключающая возможность повторного воспламенения. Частицы горючего вещества, выделяющиеся при нагреве, соединяются с молекулами кислорода и окисляются с выделением тепла, что ведет к развитию цепной реакции горения. Частицы аэрозоля, являясь более активными, чем молекулы кислорода, соединяются с частицами горючего вещества, что ведет к разрыву цепной реакции и нарушению теплового баланса процесса горения (рис. 1).

Аэрозольные системы обладают рядом преимуществ, по сравнению с системами объемного химического тушения. Они в разы компактнее, легче

и дешевле. Их установка возможна в самые сжатые сроки, а техническое обслуживание требует всего нескольких часов даже на больших кораблях. Кроме того они практически безопасны для экипажа, окружающей среды и оборудования (рис. 2).

Сравнительные характеристики аэрозольной и объемно-химических систем пожаротушения, а также параметры их влияния на человека, оборудование и окружающую среду представлены в табл. 1 и табл. 2 [4].

В целях выбора наиболее эффективной системы, на основании сравнительных характеристик, применим военно-экономический анализ по критерию типа «стоимость–эффективность». Для задания приоритета при оценке эффективности того или иного огнетушащего вещества возможно применение мультипликативной свертки показате-

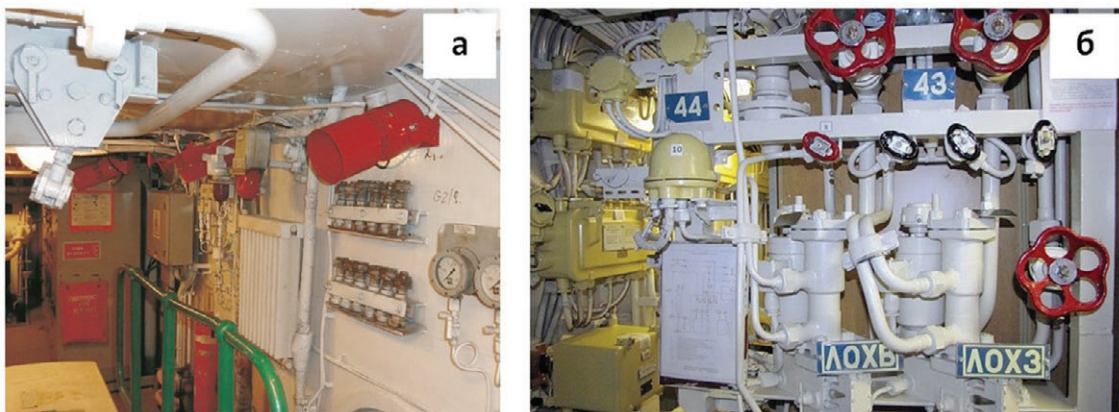


Рис. 2. Аэрозольная (а) и объемно-химическая (б) системы пожаротушения

Сравнительные характеристики аэрозольных и объемно-химических систем пожаротушения

Характеристика системы пожаротушения	Аэрозоль	Вода	Пена	Газ		
				углекислый газ, CO ₂	хладоны	инертный газ
Огнетушащая концентрация, кг/м ³	0,04-0,06	0,31	0,08	0,6-0,7	0,22-0,37	0,6-0,8
Объем герметичного помещения, защищаемого 1 кг огнетушащего вещества, м ³	14-17	3,2-4,0	1,7-1,8	1,25-1,7	2,7-4,5	0,25-1,7
Температура эксплуатации, °C	-60/+60	> 0	-8/+50	-35/+50	-50/+50	-50/+50

Таблица 2

Влияние аэрозольных и газовых систем пожаротушения на человека, оборудование и окружающую среду

Средства пожаротушения	Влияние на человека	Влияние на оборудование	Влияние на окружающую среду
Аэрозоль	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты	Безвредна	Безвредны в допустимой концентрации
Вода	Может использоваться в присутствии человека в допустимых концентрациях и при соблюдении мер предосторожности	Приводит к порче оборудования, выходу из строя электрооборудования	Безвредна
Пена	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты	Приводит к порче оборудования, выходу из строя электрооборудования	Вредна для окружающей среды
Углекислый газ, CO ₂	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты ограниченное время	Может повредить электронику	Безвредны в допустимой концентрации
Инертные газы	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты ограниченное время	Безвредны	Безвредны в допустимой концентрации
Хладоны	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты ограниченное время	Безвредны	Вредна для окружающей среды

лей эффективности, которую называют принципом справедливого компромисса или принципом выбора Нэша [5]. Она может быть определена как произведение вероятностей последовательной цепочки событий:

$$Y(X) = \prod_{i=1}^n h_i(X),$$

где $Y(X)$ – функция приоритетов; $h_i(X)$ – показатели эффективности системы пожаротушения.

В нашем случае показателями эффективности являются: влияние на человека, электрооборудование, окружающую среду, время тушения возгорания, стоимость защиты 1 м³, диапазон температур эксплуатации, тушение различных

Таблица 3
Шкала функции желательности

Желательные свойства	Пределы по шкале желательности
Очень хорошо	1,00...0,80
Хорошо	0,80...0,63
Удовлетворительно	0,63...0,37
Плохо	0,37...0,20
Очень плохо	0,20...0,00

классов пожары, пожаротушающая концентрация вещества.

Один из частных случаев такого подхода представляет собой построение обобщенной функции желательности. В ее основе лежит идея преобразования натуральных значений

показателей эффективности в функцию желательности – безразмерный коэффициент. Численные значения функции желательности, приведенные в табл. 3, получены по методике обобщенной функции желательности Харрингтона [6].

Проведем расчет обобщения функции желательности огнетушащих средств, с целью сравнения и выбора наиболее лучшего средства пожаротушения. При наличии нескольких показателей эффективности обобщенный критерий должен быть таким, чтобы он делал неприемлемым решение даже при одном неудовлетворительном показателе эффективности. Этому соответствует выражение:

Таблица 4

Матрица соответствия показателей эффективности шкале функции желательности Харрингтона

Показатели эффективности	Пределы по шкале желательности				
	1,00...0,80	0,80...0,63	0,63...0,37	0,37...0,20	0,20...0,00
	очень хорошо	хорошо	удовлетворительно	плохо	очень плохо
h_1 – влияние на человека	Может использоваться в присутствии человека	Может использоваться в присутствии человека в допустимых концентрациях и при соблюдении мер предосторожности	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты	Может использоваться в присутствии человека в средствах индивидуальной защиты ограниченное время	Не может использоваться в присутствии человека (в средствах индивидуальной защиты органов дыхания)
h_2 – влияние на электрооборудование	Безвредно	Может повредить электронику	Может вывести из строя электрооборудование	Приводит к порче оборудования, выходу из строя электрооборудования	Не может использоваться для тушения электрооборудования
h_3 – влияние на окружающую среду	Безвредно	Безвредны в допустимой концентрации	Вредна для окружающей среды	Опасна для окружающей среды	Ядовита для окружающей среды
h_4 – стоимость системы защиты 1 м ³	До 15 у.е.	До 25 у.е.	До 35 у.е.	До 45 у.е.	До 55 у.е.
h_5 – объем герметичного помещения, защищаемого 1 кг огнетушащего вещества, м ³	До 0,1	До 0,3	До 0,5	До 0,7	До 1,0
h_6 – огнетушащая концентрация, кг/м ³	До 25,0	До 15,0	До 5,0	До 1,0	До 0,5

Расчет обобщенного критерия функции желательности противопожарных систем корабля

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n h_i}$$

Обозначим: h_1 – влияние на человека; h_2 – влияние на электрооборудование; h_3 – влияние на окружающую среду; h_4 – стоимость системы защиты 1 м³; h_5 – объем герметичного помещения, защищаемого 1 кг огнетушащего вещества, м³; h_6 – огнетушащая концентрация вещества, кг/м³. Матрица соответствия показателей эффективности шкале функции желательности Харрингтона приведена в табл. 4.

При составлении матрицы за значение показателей эффективности принимаем среднее значение соответствующего элемента шкалы функции желательности. Исходя из полученной матрицы соответствия показателей эффективности шкале функции желательности Харрингтона и данных табл. 1 и табл. 2 производим расчет обобщенных критериев противопожарных систем корабля. Расчет обобщенной функции желательности приводится в табл. 5, а обобщенный критерий функции желательности противопожарных систем корабля, определенный с использованием интегрального метода анализа представлен на рис. 3.

На основании проведенного расчета обобщенного критерия функции желательности наибольшее предпочтение следует отдать аэрозолям, затем инертным газам, далее хладам.

Сравнение стоимости и массогабаритных характеристик аэрозольной и объемно-химических систем пожаротушения, полученные из материалов Научно-производственного объединения «Каскад» [4], приведены на рис. 4 и рис. 5.

Анализ представленных данных показал, что системы аэрозольного пожаротушения имеют ряд преимуществ по сравнению с другими противопожарными системами:

- высокую эффективность;
- универсальность;
- невысокую стоимость и простоту в обслуживании;
- безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации системы аэрозольного объемного пожаротушения. – НПО «Каскад». – 2016.
2. Ясаков Г.С. Корабельные электроэнергетические системы. – СПб., 2000.
3. Пичкалев А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств // Исследования наукограда. – 2012. – №1 – С. 25-28 ■

Тип огнетушащего вещества	Характеристики						D
	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	
Хладон	0,285	0,900	0,550	0,550	0,715	0,550	0,561
Вода	0,715	0,285	0,900	0,550	0,715	0,550	0,583
Пена	0,550	0,285	0,55	0,715	0,900	0,550	0,559
Углекислый газ CO ₂	0,285	0,715	0,715	0,715	0,285	0,550	0,503
Инертные газы	0,285	0,900	0,285	0,550	0,285	0,285	0,385
Аэрозоль	0,550	0,715	0,900	0,900	0,900	0,715	0,767

S(вода)	0,924
S(Хладон)	0,865
S(пена)	0,930
S(аэрозоль)	1,542
S(CO ₂)	0,755
S(Инертные газы)	0,428
S("Идеальное вещество")	2,598

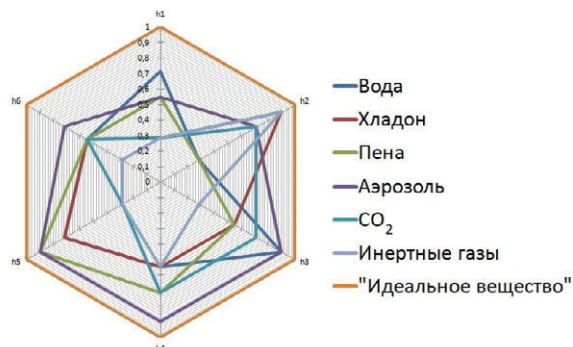


Рис. 3. Обобщенный критерий функции желательности противопожарных систем корабля, определенный с использованием интегрального метода анализа

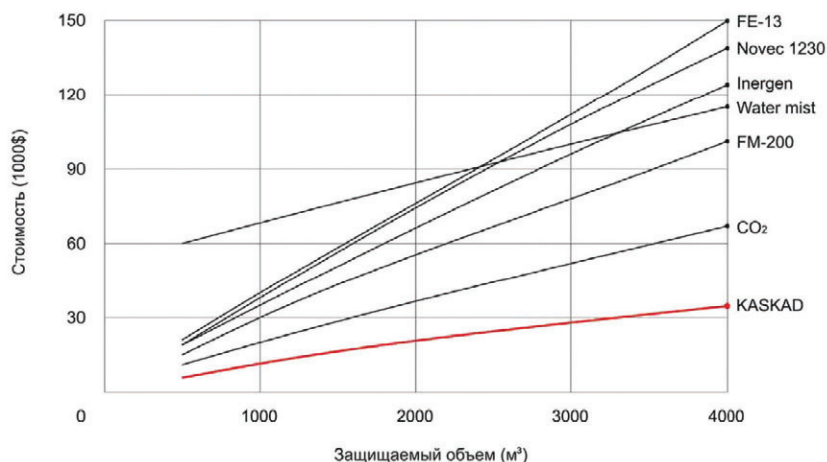


Рис. 4. Отношение стоимости к защищаемому объему помещения

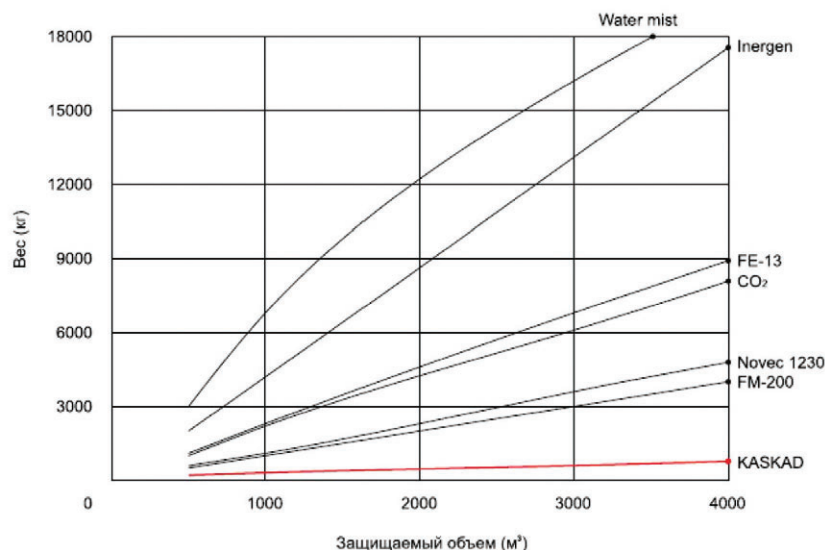


Рис. 5. Отношение веса установки к защищаемому объему помещения

В настоящее время на надводных и подводных кораблях и судах различных проектов существует ряд энергоемких, трудозатратных и габаритных решений на основе трубопроводной арматуры с пневмо- и гидроуправлением, обеспечивающих работу различных корабельных систем. В последнее время концепция полностью электрифицированного судна весьма популярна среди крупных мировых проектантов и судостроителей [1].

Помимо перехода на электродвижение, данная концепция также предполагает применение только электрически управляемой судовой арматуры. В связи с активным развитием микроэлектроники все перспективные корабли и суда оснащаются распределенной системой «интеллектуального» управления, обеспечивающей централизованное управление всей арматурой при локальном решении задач регулирования, защиты и диагностики комплектными встроенными или выносными блоками управления.

Несмотря на то, что в общепромышленной автоматизации электроприводная трубопроводная арматура получила широкое распространение, ее использование на судах в большинстве случаев невозможно из-за специфических условий

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ДЛЯ СУДОВОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

С.А. Белов, вед. инженер-конструктор АО «Армалит»,
контакт. тел. (812) 459 4500, доб. 535

эксплуатации, а также особых тактико-технических требований [2, 3]. В связи с этим для обеспечения соответствия всем предъявляемым требованиям необходимы новые технические решения для создания оптимальных вариантов конструкции электроприводов (ЭП) и судовой трубопроводной арматуры в целом.

Результаты анализа существующих отечественных и зарубежных ЭП и библиографических источников [2–19] показывают, что применительно к проектируемой запорной четвертьоборотной, многооборотной и линейной судовой арматуре целесообразно рассмотреть наиболее распространенные ЭП отечественных производителей: АО «Тулаэлектропривод» (г. Тула), ОАО «АБС ЗЭиМ автоматизация» (г. Чебоксары), АО «Армалит» и зарубежных компаний ZPA Pecky (Чехия), AUMA (Германия), ROTORK (Великобритания).

В табл. 1 и табл. 2 приведены результаты сравнения параметров ЭП указанных производителей для выходных моментов от 500 до 4000 Нм, а также требования к ним с учетом характеристик вновь разрабатываемой судовой трубопроводной арматуры.

В соответствии с результатами анализа существующих серийных ЭП, а также существующих ЭП для судовой трубопроводной арматуры, сделаны следующие выводы:

1. В виду отсутствия современных отечественных ЭП, предназначенных для управления судовой трубопроводной арматурой, при разработке новых типов ЭП необходимо учесть весь спектр требований, предъявляемых к морскому исполнению (в том числе и приемки ВП МО РФ):

– возможность работы и обеспечение герметичности затвора в любом про-

ЭП на номинальный вращающий момент на выходном валу 4000 Н·м

Таблица 1

Параметр	Необходимое	Значение			
		«Тулаэлектропривод»	«АБС ЗЭиМ автоматизация»	AUMA	ROTORK
Тип привода		2МПКЭ-4000-С-70	МЭОФ-4000(6000)/160-0,63ЦХХ-09К	SAEx10.2 + GS100.3	IQT2000
Вид электродвигателя	Не указан	Асинхр. 3-ф.	Асинхр. 3-ф.	Асинхр. 3-ф.	ДБМ
Вид редуктора	Не указан	Планет.	Планет.	Планет.	Планет.+ черв.
Напряжение питания	Не указано	220/380 В, 50 Гц	380 В, 50 Гц	380 В, 3-ф., 50 Гц	=24 В или 1-ф., 3-ф., 50 Гц
Момент на выходном валу, Н·м	4000	4000	4000	4000	800–2000
Время поворота выходного вала на 90°, с	2–5	70	63	9–392	60–120
Масса, кг	min	160	110	105	37
Длина вдоль оси шпинделя, мм	400	500	600	310	339
Размеры LxВxН, мм	min	-	440x340x600	-	43,1

ЭП на номинальный вращающий момент на выходном валу 500 Н·м

Таблица 2

Параметр	Необходимое	Значение				
		«Тулаэлектропривод»	«АБС ЗЭиМ автоматизация»	ZPA Pecky	AUMA	ROTORK
Тип привода		ПК-630-С(Ш)-25	МЭОФ-630(945)/10-0,25ЦХХ-08К	МОК 52 329	SGM/SGMR-10.1	IQT500
Вид электродвигателя	Не указан	Асинхронный	Асинхр. 3-ф.	Асинхронный 1-ф.	ДБМ	ДБМ
Вид редуктора	Не указан	Планет.	Планет.	Планет.	Волновой	Планет.+ червячный
Напряжение питания	Не указан	220/380 В, 50 Гц	380 В, 50 Гц	230 В, 1-ф, 50 Гц	230 В, 1-ф, 50 Гц	= 24 В или 1-ф, 3-ф, 50 Гц
Момент на выходном валу, Н·м	500	630	630	1000	500	500
Время поворота выходного вала на 90°, с	2...5	25	10	40	4...90	8...30
Масса, кг	min	45	65	45	26	22
Длина вдоль оси шпинделя, мм	315 (240)	408	560	541	240	271
Размеры LxВxН, мм	min	660x345x408	440x340x560	362x541x325	240x240x200	240x240x200

странственном положении ЭП в составе трубопроводной арматуры и при качке;

- соответствие электромагнитной совместимости ЭП стандартам ГОСТ В 25803–91, ГОСТ Р В 20.57.308–98, ГОСТ Р В 20.57.309–98, ГОСТ Р В 20.57.310–98;
- обеспечение уровня шума не выше допустимого;
- стойкость к внешним и специальным воздействиям, предъявляемым к изделиям морского исполнения;
- минимальные габаритные размеры, особенно в осевом направлении.

2. В качестве предпочтительных источников питания ЭП для судовой трубопроводной арматуры считать:

- однофазную сеть переменного тока на напряжение 220 В, 50 Гц;
- трехфазную сеть переменного тока на напряжение 380 В, 50 Гц;
- сеть постоянного тока на напряжение 175–320 В;
- сеть постоянного тока на напряжение 24/27 В.

3. Большинство существующих ЭП как вращательного, так и линейного движения содержат асинхронный электродвигатель и червячный редуктор. При этом многие ЭП запорно-регулирующей арматуры отечественных производителей уступают аппаратуре зарубежных производителей по техническому уровню.

4. В ЭП последних поколений общей тенденцией является замена асинхронных двигателей более эффективными двигателями бесконтактными моментными (ДБМ), применение кодовых датчиков положения абсолютного отсчета и бесконтактных концевых выключателей.

5. Улучшение массогабаритных показателей, качества регулирования, срока службы и надежности возможно только с переходом на тихоходные моментные двигатели встраиваемого исполнения, позволяющие проектировать компактные редукторные и прямоходные ЭП.

6. Сравнительно простой червячный редуктор имеет самый низкий КПД (до 0,25) и люфт, отрицательно сказывающийся на точность регулирования. Значительно более высокий КПД (до 0,9) и отсутствие люфта достигается в волновом редукторе, имеющем, однако, существенно более сложную и дорогую конструкцию. Проблемы редукторов решаются в прямом приводе, где ротор двигателя непосредственно сочленен со штоком арматуры.

7. Для снижения шумности, а также для улучшения массогабаритных показателей в качестве механического преобразователя угловых скоростей и моментов совместно с традиционными планетарными и червячными передачами следует применять современные, компактные и малозумные типы редук-

торов, такие как планетарно-цевочный и волновой редуктор.

8. Для арматуры линейного перемещения следует разработать механизм преобразования вращательного движения двигателя в линейное движение выходного звена, выходящий в состав ЭП.

9. В данный момент типовым решением для преобразования вращательного движения выходного звена привода в линейное движение запорного органа арматуры является шток с трапецидальной резьбой, узел которого находится в арматуре.

10. Развитие ЭП запорно-регулирующей арматуры насчитывает пять поколений, отражающих общую тенденцию совершенствования автоматизированных систем управления технологическим процессом, от централизованных до распределенных, в которых все задачи управления, защиты, контроля и диагностики решаются в самом приводе со встроенным микроконтроллером. Такие ЭП иногда называют «интеллектуальными».

11. В связи с тем, что структура ЭП различных исполнений (четвертьоборотных, многооборотных) схожая, разработку новых видов ЭП целесообразно проводить с наибольшей унификацией между исполнениями, применяя блочное (модульное) строение ЭП.

12. Перспективный ЭП судовой арматуры целесообразно строить по унифицированной схеме на базе универсального (типового) электронного блока управления с 32-разрядным микроконтроллером, ДБМ с непрерывным управлением от датчиков положения ротора, снабженного датчиками тока и положения выходного органа арматуры. Электронный блок управления способен решать все задачи контроля, диагностики и связи ЭП с системой управления верхнего уровня.

13. Целесообразно разработать унифицированный алгоритм управления ЭП через интерфейс RS-485 по протоколу ModBus для обеспечения функций контроля, управления, диагностики и сигнализации.

14. Максимальная механическая мощность серийно выпускаемых, а также разработанных АО «Армалит» ДБМ с максимальным габаритом до 200 мм находится в пределах 2–3160 Вт, тогда как для построения полного ряда четвертьоборотных и прямоходных ЭП необходимы электродвигатели с максимальной мощностью порядка 4–5 кВт. Указанная мощность может быть достигнута при проектировании новых исполнений двигателей габарита до 185 мм, однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

15. Также отдельного рассмотрения требует вопрос о необходимости разработки ЭП с независимым источником энергии, позволяющим автоматически привести арматуру в заданное положение

в случае исчезновения питания от основного источника.

16. Необходимо разработать ряд ЭП в соответствии с результатами анализа существующих серийных ЭП, а также исходя из характеристик вновь разрабатываемой АО «Армалит» судовой трубопроводной арматуры:

Диапазон крутящих моментов на выходном валу ЭП, Н·м	400–3500
Диапазон усилий на штоке ЭП, Н	3000–25000
Время перевода, с	2–5
Макс. частота вращения выходного вала, об/мин,	7,5
Диапазон линейных перемещений, мм	20–50

Анализ требуемых параметров ЭП показывает, что значение отношения крутящих моментов и усилий ЭП составляет 1 : 9. В связи с этим указанные диапазоны значений моментов и усилий должны быть перекрыты ограниченным размерно-параметрическим рядом базовых ЭП с минимальными массогабаритными показателями.

Таким образом, основными исходными данными для построения размерно-параметрического ряда четвертьоборотных ЭП являются:

- принцип модульного исполнения: ЭП состоит из трех основных конструктивных частей – электродвигатель, редуктор, блок управления;
- диапазон вращающих моментов выходного вала – 500 – 8000 Нм;
- время перевода – 2 – 5 с.

Количество типоразмеров ЭП в данном диапазоне моментов выбирается с учетом требований ISO: 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Нм.

Основываясь на приведенных выше данных, АО «Армалит» провело предварительные расчетно-конструкторские работы по разработке двух базовых типоразмеров ЭП, каждый из которых может быть использован для управления арматурой примерно с трехкратным диапазоном отношения требуемых моментов или усилий на выходном валу. Характеристики предлагаемых базовых ЭП приведены в табл. 3. Предварительные варианты компоновок ЭП на 500 Н·м в двух модификациях показаны на рис. 1 и рис. 2.

Для каждого базового типоразмера ЭП рассчитывалась соответствующая электромеханическая часть, для которого выполнялись следующие работы:

- выбор схемного решения редуктора;
- кинематический и силовой анализ;
- характеристики зубчатых колес редуктора;
- выбор подшипников сателлитов;
- выбор электродвигателя;
- расчет зубчатых зацеплений на прочность;
- предварительная компоновка электропривода.

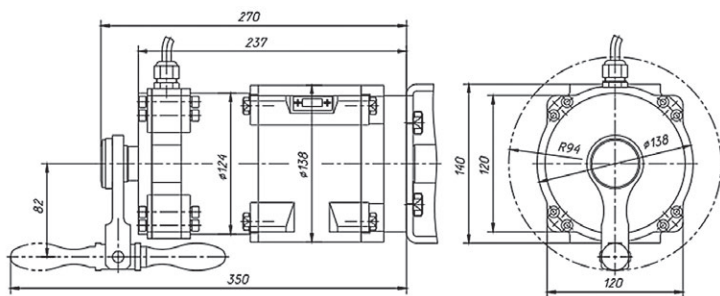


Рис. 1. Электропривод на 500 Н·м без блока управления

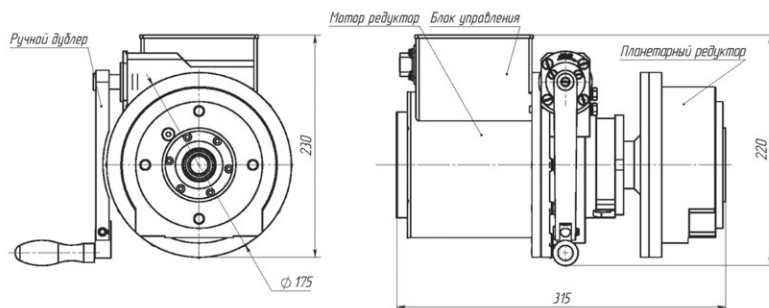
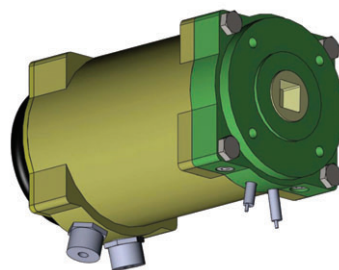
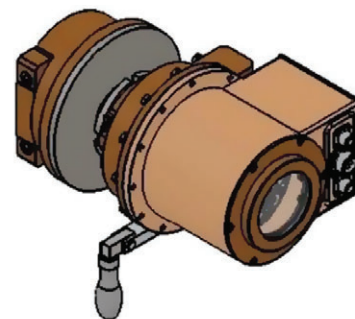


Рис. 2. Электропривод 500 Н·м, совмещенный с блоком управления



Параметры четвертьоборотных ЭП

Таблица 3

Максимальный момент на выходном валу ЭП, Н·м	Время перевода, с, не более	Потребляемая мощность, Вт	Наружный диаметр двигателя, мм	Передаточное число редуктора
500	5	500	120	30 – 60
4000		4000	150	

Все редукторы четвертьоборотных ЭП выполнены по единой (основной) кинематической схеме в виде планетарного ряда. Расчетный коэффициент полезного действия планетарных редукторов 0,875 – 0,9. Блоки управления в обоих вариантах одинаковые и могут быть присоединены к ЭП или выносными.

ВЫВОДЫ

1. В состав перспективных ЭП должны входить:

- ДБМ;
- датчик положения ротора ДБМ;
- механический преобразователь поворота вала электродвигателя в перемещение рабочего органа трубопроводной арматуры;
- датчик конечных положений выходного вала или штока;
- ручной дублер;
- механический указатель положения выходного вала или штока;
- блок управления на базе 32 разрядного микроконтроллера.

2. Принимая во внимание возможность дальнейшей модернизации ЭП в части обеспечения автоматического регулирования проходного сечения арматуры, предлагаемые технические решения должны позволять:

- электронное двухстороннее ограничение вращающего момента или усилия;
- снижение передаточного отношения редуктора вплоть до его полного от-

сутствия (прямой или безредукторный ЭП);

- дистанционное регулирование проходного сечения арматуры;
- изменение скорости для исключения гидравлического удара;
- ограничение рабочего хода бесконтактными концевыми выключателями;
- автоконтроль и диагностику ЭП и арматуры;
- дистанционное цифровое управление и контроль через интерфейс RS-485 по протоколу ModBus.

ЛИТЕРАТУРА

1. All-Electric Ship Could Begin to Take Shape By 2012. – <http://www.nationalde-fensemaga-zine.org/archive/2007/November/Pages/All-Electric2453.aspx>
2. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справ./Под общей ред. С.И. Косых. – Л.: Машиностроение, 1982.
3. Johnson G. Судовая арматура: широкая номенклатура, реальная потребность // Арматуростроение. – 2010. – №5.
4. Степанова Е. Электроприводы для трубопроводной арматуры в России: маркетинговое исследование внутреннего рынка и внешних поставок // Арматуростроение. – 2005. – №3.
5. Антропов А.Т. Автоматизированный электропривод: тенденции развития // Itech. – 2008. – №10.
6. Сироткин В.Л. Смартприводы как следствие развития систем АСУТП или к вопросу выбора электроприводов для трубопроводной арматуры // Арматуростроение, 2007. – №1.
7. Мозжечков В.А. Общие тенденции развития

электроприводов трубопроводной арматуры // Арматуростроение. – 2009. – №6.

8. Антропов А.Т. Интеллектуальные электроприводы промышленной трубопроводной арматуры. Особенности применения // Арматуростроение. – 2011. – №4.
9. Гарганеев А.Г., Каракулов А.С. Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ // Itech. – 2006. – №4.
10. Гарганеев А.Г., Каракулов А.С., Антропов А.Т. и др. «Intellect» общепромышленного электропривода // Itech. – 2007. – №8.
11. Хлыст С.В. Каким быть электроприводу: взгляд из Томска // Арматуростроение. – 2005. – №3.
12. Антропов А.Т. Безредукторный электропривод трубопроводной арматуры // Itech. – 2008. – №11.
13. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность). – М: Изд-во Академия, 2006.
14. Хохлаков Б.Г. Электроприводы нового поколения для запорно-регулирующей арматуры // Арматуростроение. – 2004. – №4.
15. Юдин В.А. К вопросу качества управления арматурой. Каким быть электроприводу // Арматуростроение. – 2005. – №3.
16. Гольдфарб В.И., Макаров В.В. Перспективы развития приводной техники для трубопроводной арматуры // Арматуростроение. – 2005. №5.
17. Новые производства электроприводов с волновым редуктором и магистральной арматуры создано группой «ЗПА Печки» в Чехии. – www.valverus.info/popular/2844-novye-proizvodstva-elektroprivodov-s-volnovym-reduktorom-i-magistralnoy-armatury-sozdano-gruppooy-zpa-pechki-v-chehii.html.
18. Микеров А.Г., Рубцова Е.А. Выбор моментных двигателей систем автоматического управления по их энергетическим и динамическим показателям // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2010. – №6.
19. Епифанова Л.М., Епифанов О.В., Микеров А.Г. Новый ряд моментных двигателей для экстремальных условий применения. Экстремальная робототехника ЭР-2012. – Сб. докл. Всерос. науч.-техн. конф. – СПб.: Политехника-сервис. – 2012. ■



АКЦИОНЕРНОМУ ОБЩЕСТВУ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «МЕРИДИАН» - 135 ЛЕТ

А.А. Копанев, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии РФ 2010 г., почетный судостроитель РФ, академик Транспортной академии и Международной академии информатизации, ген. директор АО «НПФ «Меридиан», контакт. тел. (812) 602 0352

Акционерное общество «Научно-производственная фирма «Меридиан» – одно из ведущих предприятий судостроительной промышленности. Имя предприятия широко известно в России и за рубежом, поскольку практически на всех кораблях и судах, построенных в бывшем СССР, России и ряде зарубежных стран, установлены те или иные приборы и системы, разработанные и изготовленные в АО «НПФ «Меридиан».

Изделиями, созданными АО «НПФ «Меридиан», оснащены такие корабли, как тяжелые авианесущие крейсера «Москва», «Киев», «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов»; тяжелый атомный крейсер «Петр Великий», атомоходы «Ленин», «Арктика», «Сибирь»; супертанкер «Крым», корабли науки «Космонавт Юрий Гагарин», «Космонавт Георгий Добровольский» и многие др.

Высокий уровень и конкурентоспособность разработок предприятия достигается благодаря использованию уникальных технологий и автоматизации производства.

АО «Научно-производственная фирма «Меридиан», являющаяся правопреемником Научно-производственного объединения «Меридиан» и Центрального конструкторского бюро «Меридиан», ведет свою 135-летнюю историю от механического завода Г.М. Пека.

В 1883 г. купец Георгий Мартынович Пек, получивший большой практический опыт работы на различных технических заводах, организует слесарно-механическую мастерскую на Церковной улице, д. 17а, в Петербурге. Количество рабочих – 12 человек.

К началу Первой мировой войны Георгий Мартынович уже управляет крупным заводом, номенклатура производства которого составляет 1196 наименований, а количество сотрудников достигает 150 человек.

Механический отдел завода изготавливает электрическую арматуру

для судов флота, точные измерительные приборы, гальваноскопы, счетчики оборотов, выполняет все виды оптико-механических работ. Электрическая арматура и автоматические выключатели устанавливаются на строящихся кораблях «Павел I», «Бородино», «Адмирал Макаров» и др. Машиностроительный и инструментальный отделы поставляют специальные станки и инструменты для обработки металлов и дерева. Кроме того, завод специализируется на автомобильных частях и ремонте автомобилей. В печах некоторые части автомобилей закаляются по особому способу для большей устойчивости.

В 1914 г. происходит значительное увеличение количества заказов на производство продукции для военно-морского флота. Годовой финансовый оборот завода возрастает в 5 раз – со 100 до 500 тыс. руб. В одном из своих многочисленных писем в Морской Технический Комитет Г.М. Пек сообщает: «Согласен

изготовить за 10 месяцев нужное количество курковых приборов бронзовых для мин». Наряду с этим предприятие успешно осуществляет бесперебойные поставки рубильников, автоматических выключателей, контрольных и номерных аппаратов.

В 1917 г. завод находится на грани закрытия: «Ввиду окончания работ массового производства по заказам для нужд войны и за неимением заказов для неквалифицированных рабочих, завод принужден уволить всех женщин, 10 человек учеников и двух человек мастеровых», – заявляет Пек.

В 1918 г. постановлением заводского комитета рабочих от 19 марта завод Г.М. Пека закрывается. Выдержка из последнего документа Г.М. Пека в роли владельца завода гласит: «В Совет Народного Хозяйства северного района. Настоящим имею честь сообщить, что мною получено распоряжение начальника Главного Управления Корабле-



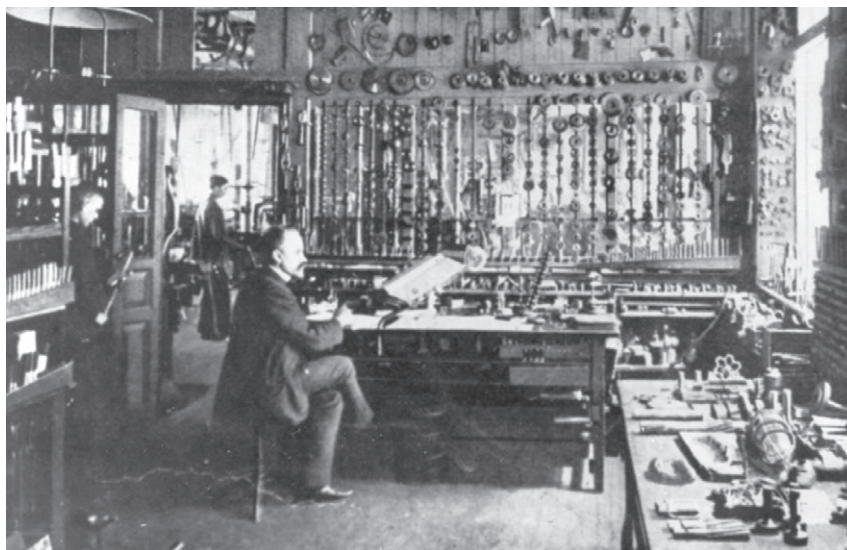
Здание, где размещался завод Г.М. Пека. Фото «Ателье Буллы» 1912 г.



Здание ЦКБ «Меридиан». Фото 80-х гг. XX в.



Главное здание АО «НПФ «Меридиан». Современный вид



Завод Г.М. Пека. Инструментальная кладовая. Мастер А.И. Вильде. Фото «Ателье Буллы», 1912 г.



Завод Г.М. Пека. Часть цеха завода. Фото «Ателье Буллы», 1912 г.

строения о немедленном прекращении всех работ по заказам Морского министерства. Ввиду того, что означенным распоряжением все работы прекращаются, так как и в мирное время завод работал специально для Морского Ведомства, я принужден завод закрыть на неопределенное время».

Завод национализирован, его имущество находится под контролем Совета Народного Хозяйства северного района до 1921 г.

В 1921 г. известный советский изобретатель В.И. Бекаури совместно с академиком В.Н. Ипатьевым основали «Центральную государственную экспериментальную мастерскую новейших изобретений» (ЭКСМАНИ) и «Особое техническое бюро по военным изобретениям специального назначения» («Остехбюро»), в состав которого вошел механический завод («Бывший Пека»).

Число сотрудников завода составляет 88 человек. Завод занят главным

образом реализацией изобретений В.И. Бекаури и В.Ф. Миткевича. По общему мнению историков, «Остехбюро», существовавшее до 1939 г., стало локомотивом научно-технического прогресса, который способствовал инновационному обновлению СССР перед Великой Отечественной войной.

31 марта 1924 г. по решению общего собрания рабочих заводу присвоено официальное название «Красный изобретатель». Прежние неофициальные названия – «Бывший Пека», «Экспериментальная мастерская», «Завод новейших изобретений» – уходят в историю.

В 1933 г. на предприятии открывают школу фабрично-заводского ученичества (ФЗУ). Введено преподавание специальных предметов: прикладной математики, графики, основ технологического процесса с целью подготовки для «Остехбюро» технически грамотных рабочих.

1937 г. – на базе 9-го отдела завода № 185 («Опытный завод «Спецмаштреста») создан завод «Кризо» Наркомата оборонной промышленности СССР.

В 1939 г. завод «Кризо» переведен в Наркомат среднего машиностроения СССР. Проведены частичная реконструкция завода, его расширение и переподготовка кадров, профиль завода с чисто механического был изменен на электротехнический. Создано КБ завода. Предприятие превращается в центральную производственную базу для конструкторской разработки и изготовления нетипового оборудования для всех предприятий «Связьмортреста» по направлениям проводной, телеграфной, телефонной связи и радиосвязи, телевидения, электрической сигнализации, корабельным и береговым радионавигационным устройствам, комплексным устройствам диспетчерского управления.

В годы Великой Отечественной войны завод решает широкий спектр стратегических задач, начиная от производства 45-миллиметровых снарядов, которое было освоено в 1941 г., и заканчивая ремонтом судовой радиотехнической аппаратуры, а позже изготовлением нетиповых изделий для ремонта судовых механизмов, систем и приборов.

Начиная с 1963 г., в фирме велись работы по следующим направлениям деятельности: информационно-управляющие системы; системы совместного безопасного применения спецсредств; системы пожарной автоматики; пульта управления средствами судоводжения; системы управления средствами радиосвязи и радиоразведки; системы компенсации магнитных и электрических полей; магнито-измерительные комплексы; торсионметры и прогибомеры; системы телеметрии; системы электропитания корабельных комплексов.

При создании приборов и изделий по этим направлениям предприятие прошло путь от разработки аппаратуры с использованием схем на электронных лампах, механических счетно-решающих устройств и элементов релейной автоматики до использования в аппаратуре новейших достижений радиотехники, компьютерной техники и функциональной микроэлектроники.

В 1983 г. фирма, на тот момент уже именуемая Научно-производственным объединением «Меридиан», за высокие производственные достижения награждена орденом Трудового Красного Знамени.

В течение четырех лет, с 1995 по 1998 г., предприятием успешно выполнена первая экспортная программа по поставке изделий «Требование-Э», «Блокировка», АПЗ-028, СТС-204 для кораблей пр. 15, 25, 16 для ВМС Индии.

В 1992 г. на должность генерального директора предприятия назначают меня. С этого момента началась большая работа по повышению технического уровня разработок, внедряются в работу самые современные средства компьютерной техники, отображения информации и микроэлектроники, создается система автоматизированного проектирования и изготовления разрабатываемых приборов и систем. Во время экономического кризиса удается сохранить основные кадры за счет резкого увеличения объема работ на экспорт, переходу от опытных образцов к серийному изготовлению изделий, ведется большая работа по развитию основных фондов и технической базы.

В 1999 г. ЦКБ «Меридиан» преобразовано в Открытое акционерное общество «Научно-производственная фирма «Меридиан».

С 1999 по 2003 г. фирма успешно завершает вторую экспортную программу по поставке изделий «Требование-М», «Блокировка», АПЗ-028, СТС-М, «Касатка» для трех кораблей пр. 11356, строящихся для ВМС Индии.

В 2004 г. указом Президента РФ № 1009 от 4 августа 2004 г. ОАО «НПФ «Меридиан» включено под № 283 в перечень открытых акционерных обществ, акции которых находятся в федеральной собственности и участие Российской Федерации в управлении которыми обеспечивает стратегические интересы, обороноспособность и безопасность государства, защиту нравственности, здоровья, прав и законных интересов граждан Российской Федерации.

В 2007 г. указом Президента РФ № 397 «О развитии открытого акционерного общества «Концерн «Моринформсистема-Агат» от 21 марта 2007 г. предприятие включено в состав ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат». В этот же период начинается реализация третьей экспортной программы по оснащению второй партии кораблей пр. 11356, строящихся для ВМС Индии.

Через два года, в 2009 г., предприятие приступает к выполнению крупных серийных поставок всей номенклатуры производимого оборудования на новые корабли отечественного военноморского флота пр. 21630, 21631, 22350, 11356, 11661К и корабли инозаказчика пр. 12418, 15А, 17А, ТП-400, 11661 «Гепард 3.9» и др.

В 2015 г. предприятие преобразовано в Акционерное общество «Научно-производственная фирма «Меридиан».

Сегодня, спустя 135 лет со дня основания, в НПФ «Меридиан» реализованы инвестиционные программы по созданию новых поколений технических систем с принципиально новыми характеристиками, что позволило стать

надежным партнером по поставкам аппаратуры для флотов ряда зарубежных стран. В частности, системами разработки и изготовления АО «НПФ «Меридиан» оснащены новейшие корабли ВМС Индии, КНР, Алжира, Вьетнама и др. Вся производимая на экспорт продукция предприятия получила высокую оценку зарубежных партнеров, что стало возможным благодаря широкой номенклатуре (многопрофильности) изделий техники, предлагаемой потребителю (судозаводу или проектанту кораблей). Фирма способна выполнять и поддерживать полный цикл жизни изделий, включающий в себя создание научно-технического задания, проведение НИР, разработку конструкторской документации, изготовление изделий, проведение испытаний, шеф-монтажных работ, гарантийного и постгарантийного обслуживания на объектах.

Всю производимую НПФ «Меридиан» продукцию можно разбить на два больших направления: информационно-управляющие системы надводных кораблей и системы корабельной защиты, в том числе и подводных лодок.

Первое направление включает в себя разработку и создание не одного поколения информационно-управляющих систем (начало – в 1958 г.), которое впоследствии переросло в создание боевой информационно-управляющей системы БИУС «Требование-М». С постоянным ростом числа задач, стоящих перед флотом, БИУС «Требование-М» претерпела глубокую модернизацию, в результате чего уже четвертое поколение системы по своим функциональным возможностям и ТТХ превосходит отечественные аналоги и находится на уровне лучших мировых образцов.

Над созданием БИУС «Требование-М» в разное время работали сотрудники: И. Ю. Антонова, В. А. Григорьев, П. А. Григорьев, М. П. Громова, Л. Т. Демидова, В. П. Иванов, А. А. Игнатов, Я. В. Ипатов, С. В. Китаев, Е. Н. Кнутова, М. В. Крылов, Е. Е. Лагутин, А. В. Матвеев, Ю. Б. Мишенев, О. В. Николаева, О. М. Орлов, А. И. Переверзев, В. М. Ушаков, И. И. Цыганков, Е. М. Чуриков, Д. А. Шевалин, Т. Н. Шибаева и др.

Свой вклад в разработку программного обеспечения для БИУС «Требование-М» внесли: К. С. Антонов, А. О. Варавко, С. В. Громов, Е. Д. Костюков, Г. И. Курилович, Я. В. Ипатов, М. И. Малов, М. Д. Панкова, В. А. Прирез, И. В. Саушев, С. Н. Сидоренко, В. С. Слепухин, О. Н. Степанова, С. А. Стародубов, В. Ю. Тихомиров, Е. М. Чуриков.

Главный конструктор направления информационно-управляющих систем –

доктор технических наук О. Н. Музыченко. Благодаря собственной инновационной работе в данном направлении удалось создать автоматизированную систему идентификации целей в ходе разработки системы управления РЛС «Фурке-Э», поставленной на первый корпус корвета пр. 20380.

Другой передовой разработкой АО «НПФ «Меридиан» является разработка интегрированной системы управления полетами, заходом на посадку и посадкой вертолетов для оборудования стартовых командных пунктов (СКП). В настоящее время СКП кораблей оснащаются до 30 выносными приборами различных корабельных систем, что значительно затрудняет восприятие руководителем полетов их информации. Предприятие предлагает заменить весь этот набор приборов интегрированной системой, размещаемой в одном АРМ. Система может поставляться на корабли любого водоизмещения, как полностью автономной, так и интегрированной в состав БИУС «Требование-М». Конструкция АРМ адаптируется под обводы СКП. Эта система повышает степень реализации потенциальных возможностей кораблей с авианосным вооружением. Аналогов такой системы нет.

Одним из поднаправлений создания информационно-управляющих систем является создание интегрированных мостиковых систем (ИМС). ИМС предназначены для обеспечения автоматизированного управления кораблем или судном, повышения навигационной безопасности плавания, сокращения численности экипажа и объема электронной аппаратуры на ходовом мостике. На сегодняшний день ИМС находятся в пике своего развития. Все системы, имеющиеся на судне, объединены в единые сети. Информационные потоки связывают такие, казалось бы, несовместимые вещи, как управление главными двигателями, сточными и бытовыми водами, навигацию и связь. Произошло количественное наращивание показателей информатизации. А количество, как известно, рано или поздно перерастает в качество. Мы стоим на пороге качественного скачка в развитии информационных систем управления, к которым можно отнести и ИМС судов. Сам термин ИМС будет претерпевать изменения и становиться интеллектуальной мостиковой системой.

Как видится, наиболее вероятный путь развития ИМС – это интеграция систем управления беспилотными судами, включая танкеры и круизные суда. Все это было бы невозможно без создания искусственного интеллекта (ИИ). На наших глазах происходят массовые испытания зарубежными фирмами беспилотных автомобилей на дорогах об-

щего пользования. При этом главным критерием обеспечения адекватности вождения транспортных средств является не количество и качество датчиков (радары, сонары, камеры и спутниковая навигация), а система распознавания образов. Процессору в режиме реального времени нужно совмещать «картинки» от всех источников и анализировать общую картину. На сегодняшний день, безусловно, существуют системы и авторулевые на судах, и автопилот на воздушных судах, но все они работают по заранее заданным алгоритмам и направлены на удержание заданной цели. Эти системы неспособны адаптироваться к меняющимся условиям и требуют наблюдения за ними. Поэтому развитие ИМС, вероятно, пойдет по пути вбирания в себя элементов нейронных сетей, причем по новейшей модели в области ИИ – «deep leaning» – глубокого обучения.

Основными разработчиками пультов судовождения, интегрированных мостиковых систем и их функциональных модулей (секций и приборов) в разные периоды являлись: Д. С. Аврутин, Е. М. Балущкин, В. М. Богданов, В. И. Вавилов, Н. В. Вернер, Н. П. Голикова, В. С. Гусев, Л. Т. Демидова, Е. Н. Длютров, К. А. Ероньян, И. Я. Зильберман, Т. И. Зыкина, В. П. Иванов, И. А. Карпович, Л. А. Ключкова, С. С. Колесников, М. В. Коновалов, Н. Е. Конторович, А. А. Копанев, С. С. Коротков, Ф. М. Коряков, В. Г. Куницкий, Ю. Г. Лобанов, М. А. Махлин, Г. В. Петров, Е. Д. Питько, Б. И. Самсонов, Ю. А. Скопин, Т. В. Соболева, А. П. Спицин, Г. А. Сталевская, А. А. Стрельников, М. А. Суходрев, И. И. Цыганков, К. В. Шаповалов и др.

Сложившиеся обстоятельства требуют нового, инновационного, подхода к созданию образцов вооружения и техники. Таким подходом является переход от создания ранее описанных отдельных систем и комплексов к созданию единой интегрированной системы боевого управления (ИСБУ) корабля. Это позволит при минимальных затратах существенно сократить объем оборудования, уменьшить стоимость вооружения корабля и его эксплуатации, а также повысить эффективность использования оружия за счет сокращения суммарного рабочего времени.

АО «НПФ «Меридиан» в полной мере готово выполнить эту задачу за счет создания на базе фирмы центра компетенций по выполнению прикладной научной работы, созданию алгоритмического и программного обеспечения. С этой целью, начиная с 2015 г., разработан полный комплект алгоритмического обеспечения в части управления кораблем и его вооружением для БИУС и ИСБУ перспективных многоцелевых

надводных кораблей любого водоизмещения.

Следующим поднаправлением деятельности предприятия является создание портативного диагностического комплекса (ПДК), решающего задачи анализа технического состояния дизель-генераторных агрегатов с выдачей последующих рекомендаций по их эксплуатации. На сегодняшний день управление сложными техническими средствами возлагается на микропроцессорные системы контроля объекта. Математические модели и алгоритмы функционирования таких объектов управления все больше реализуются не на аппаратном, а на программном уровне, что стало возможным благодаря развитию вычислительных систем, а также специализированных датчиков и исполнительных механизмов. Но любая техническая система склонна к отказам, и, чем она сложнее, тем выше вероятность отказа и тем более трудоемким оказывается выявление ее причины, т. е. диагностика. С внедрением микропроцессорных систем управления часть рутинных диагностических процедур была возложена на программное обеспечение таких систем, например, выявление отказов датчиков, их цепей, сбоев в исполнительных механизмах. Особо продвинутые системы научились распознавать расхождение корреляционных связей между основными параметрами объекта. Но в любых условиях такая «компьютерная диагностика» – не что иное, как сиюминутное отражение состояния системы управления объектом, указывающая лишь направление поиска причины отказа, и, как показывает практика, очень часто ложное. Поэтому последнее слово остается за специалистами, оценивающим состояние объекта, и от их знаний, умений, опыта и навыков зависит правильность диагноза, а, следовательно, и устранение отказа в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

В сфере диагностики человек – самое слабое звено. Поэтому, как видится, дальнейшее развитие диагностических систем должно идти по пути не только мониторинга состояния сложных технических систем, но и углубления компетенций в области самостоятельного принятия решения о причинах отказов, а также иметь возможности предотвращения таких отказов. Параллельно с этим диагностическая система должна обладать прогностической функцией.

Данным направлением деятельности фирмы руководит С. С. Коротков.

Второе направление – системы корабельной защиты, к которым относится: система совместного безопасного применения оружия (ССПО) «Блокировка», предназначенная для безопас-

ности корабля, вертолетов в ближней зоне и личного состава при совместном использовании оружия. Кораблестроительной программой ВМФ России предусматривается в настоящее время и в ближайшей перспективе оснащение современных и перспективных кораблей новейшими системами оружия, обладающими высокими заявленными характеристиками. Корабли ВМФ будут выполнять задачи в составе тактических групп (КУГ, КПУГ, АУГ и т. д.). Широкий круг задач, возлагаемых на корабли тактической группы, высокая насыщенность их огневыми средствами с учетом требований по обеспечению безопасности предполагает обязательное применение системы совместного безопасного применения оружия (ССПО), обеспечивающая защиту конструкций корабля, личного состава открытых боевых постов и недопущение столкновений средств поражения в непосредственной близости от корабля. Задача в настоящее время решается для одиночного корабля. Однако специалистами предприятия в настоящий момент также прорабатываются вопросы создания ССПО, способной решать задачи в рамках тактической группы, для чего запланировано выполнение в ближайшей перспективе следующего объема работ:

- разработка алгоритмов решения задач совместного применения оружия в пределах ордера кораблей тактической группы;
- определение объема и параметров информационного обмена между ССПО кораблей тактической группы;
- разработка принципов построения и структуру ССПО для обеспечения безопасности кораблей ТГ;
- проведение программно-математическое моделирование измерительно-информационных каналов;

Основные разработчики этого направления: Д. С. Аврутин, В. И. Алексеев, Д. И. Антоновский, В. И. Ануцин, А. И. Арсюков, М. И. Богомолова, Н. П. Булат, В. И. Вавилов, Е. С. Вальшонюк, Б. Н. Васильев, Н. А. Васильев, Л. С. Васильева, Г. И. Веселова, И. А. Галеева, Б. Т. Гершт, А. Т. Голубев, В. В. Жигачев, И. Я. Карлсбрун, Т. Д. Карцева, Т. Э. Коновалова, А. А. Копанев, В. И. Кустов, Л. С. Маковская, Г. З. Маркова, В. Д. Митин, В. А. Михайлов, И. П. Николаев, Б. И. Самсонов, А. С. Сигалов, С. А. Старостина, А. А. Треплев, В. Н. Финогенова, В. В. Бруштейн, С. А. Дьяченко, О. М. Рогов, А. В. Лагун и др.

Еще одно направление работы фирмы – создание аппаратуры для систем измерения и компенсации электромагнитных полей надводных кораблей и подводных лодок, предназначенных для повышения скрытности и защиты от



Слева направо: генеральный директор – генеральный конструктор АО «Концерн «Моринформсистема-Агат» Г.В. Анцев, заместитель министра обороны РФ Ю.И. Борисов, генеральный директор АО «НПФ «Меридиан» А.А. Копанев на Международном военно-морском салоне в Санкт-Петербурге

воздействия неконтактного минного оружия.

Работая в данном направлении, специалисты НПФ «Меридиан» большое внимание уделяют созданию источников питания компенсационных устройств, основанных на передовых достижениях отечественной силовой электроники. Разрабатывают и серийно изготавливают высококачественные реверсивные статические преобразователи электроэнергии с выходной мощностью до 100 кВт, пригодные к использованию на крейсерах и авианесущих кораблях. Не будут оставлены без внимания сверхлегкие мало-мощные статические преобразователи, которые найдут своих потребителей при проектировании заказов с динамическими принципами поддержания.

В рамках решения задач корабельной магнитометрии и создания стендов для электромагнитной обработки заказов специалисты направления СКЭМП разрабатывают помехозащищенные преобразователи индукции магнитного поля и низкочастотного электромагнитного поля, способные измерять по трем ортогональным осям в крайне ограниченных объемах, при использовании встроенных миниатюрных устройств обработки измеренных значений индукции полей и очистки от фоновых помех, а также помех электрооборудования и радиоэлектронных средств локации, связи.

Основные разработчики систем по направлению СКЭМП: Л. В. Агеева,

В. И. Алексеев, Б. С. Баранов, Э. Н. Васильева, В. М. Величко, Р. Ц. Гулянец, И. В. Григорьева, В. М. Данилоха, А. Н. Дылько, Н. И. Житенева, А. А. Зуев, М. А. Коган, Н. Б. Кудрявцева, Л. М. Левит, С. В. Линьков, Ю. Г. Лобанов, В. А. Могучий, Н. Н. Омарова, З. А. Оршанский, Э. А. Полонская, С. Г. Попов, М. Л. Рейнганд, Г. Н. Родионова, А. В. Соколов, Н. Ш. Сонькин, И. П. Соснин, Э. Н. Стержанова, В. А. Танхилевич, Б. А. Терман, И. П. Тимашкова, Е. Н. Тихменева, Т. А. Фадеева, А. А. Федоров, Е. А. Фомичев, И. Ю. Шевченко, Н. П. Шипулина, А. Е. Шкляров, С. Ю. Яковлев и др.

В спектре работ фирмы находится проблема надежной пожарной безопасности, которая остается достаточно актуальной. Главным условием успешного прогнозирования возникновения пожароопасной обстановки и определения непосредственно источника возникновения пожара является непрерывный мониторинг факторов, предопределяющих сам факт возникновения пожароопасной обстановки и, как следствие, его обнаружение и предупреждение (локализации) на начальной стадии. С этой целью создаются интегрированные комплексные системы раннего обнаружения пожара для судов и кораблей, позволяющие своевременно обнаруживать возгорание на стадии, когда правильные действия личного состава позволят быстро его ликвидировать

и предотвратить ущерб. Именно по этой причине на сегодняшний день особое внимание НПФ «Меридиан» уделяет совершенствованию указанных систем.

Основные разработчики систем пожарной автоматики: В. И. Алексеев, Ю. В. Беляев, А. И. Берман, В. О. Бойченко, В. Н. Грачев, А. А. Денисов, К. А. Ероньян, П. Ф. Трофимов, В. Н. Иванова, И. Я. Зильберман, М. К. Зубаков, М. М. Иванова, Ю. И. Каретников, С. С. Лебедев, Л. А. Ливанов, В. Д. Митин, О. В. Румянцева, Е. Ф. Семочкин, О. А. Трофимова, С. Ю. Феоктистов, Е. А. Фомичев, Н. С. Шаговик, В. Н. Штелинг, В. Д. Хазанов, В. В. Устинов, Д. В. Ушаков, С. А. Андреева, А. А. Лапшин, Д. И. Бирючевский, П. П. Петров, М. М. Бойко, В. Д. Васильева, А. Е. Длютров, Т. А. Ерасова, В. А. Курилов, А. В. Бриткин, С. Н. Кульша, И. В. Якушенко и др.

Особым направлением работ по обеспечению безопасности объектов, поднадзорных Морскому и Речному регистрам судоходства РФ, объектов ВМФ и промышленного производства, является разработка систем контроля доступом. В настоящий момент на предприятии разработана система контроля доступа в специальные помещения заказа, технические условия на указанную систему согласованы с РМРС РФ. Предприятие занимается ее совершенствованием с учетом требований заказчиков по следующим направлениям:

- сокращение трудоемкости изготовления составных частей системы;
- формирования унифицированного ряда приборов;
- разработка технологии изготовления датчиков контроля доступом собственного производства.

На сегодняшний день, находясь на новом витке развития, коллектив предприятия, включенного в перечень стратегических предприятий России и вошедшего, наряду с другими предприятиями в АО «Концерн «Моринформсистема-Агат», успешно выполняет новые контракты на оборудование кораблей, строящихся в России, Индии, Вьетнаме и других странах.

Фирма сохраняет свой высокий научно-технический потенциал, что позволяет создавать весомый научно-технический задел на будущее, развивать «двойные технологии», использовать опыт работы по созданию военной продукции при изготовлении гражданской продукции, одновременно уделяя большое внимание снижению трудоемкости ее изготовления. ■

Системы мониторинга, контроля и управления бесперебойным жизнеобеспечением автономных объектов (СМБЖ) на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий (КОЭС) в настоящее время представляются весьма перспективными для практического внедрения, в первую очередь, благодаря возможному существенному повышению надежности, безопасности и устойчивости функционирования бесперебойных систем жизнеобеспечения на нормальных и аварийных режимах эксплуатации [1–3]. Особенно актуальным для автономных объектов в настоящее время является оснащение СМБЖ с КОЭС их систем гарантированного энергоснабжения (СГЭС) [4,5]. Реализация СМБЖ СГЭС в блочно-модульном исполнении позволяет на их основе создавать модули энергетической (МЭБ) и комплексной (МКБ) безопасности, эффективные в различных условиях применения, на разных уровнях развертывания и режимах функционирования автономных объектов [6].

Реализация СМБЖ с КОЭС позволяет значительно повысить эффективность функционирования СГЭС, особенно при совместном применении двигатель-генераторных установок (ДГУ) и статических преобразователей энергии (СПЭ). Эффективность реализации комбинированных энергоустановок на базе совместного применения ДГУ и СПЭ достаточно очевидна и подробно показана в работах [7, 8]. Однако создание СГЭС на базе ДГУ и СПЭ вплоть до настоящего времени представляет собой достаточно новую научно-техническую задачу и имеет ряд существенных особенностей, связанных в первую очередь с необходимостью обеспечения их устойчивой, надежной, безаварийной и безопасной работы. В связи с этим весьма актуальными представляется исследование функционирования СМБЖ с КОЭС в составе СГЭС с ДГУ и СПЭ на различных эксплуатационных режимах с целью определения рациональных схемных и технических решений, а также оптимизации тактико-технических и технико-экономических характеристик. Одним из наиболее эффективных методов исследования технических систем является метод математического моделирования. Особенно эффективен данный метод для исследования, проектирования и разработки новых систем и объектов, таких как СМБЖ СГЭС. В настоящее время разработано достаточно количество методов моделирования и, собственно, математических моделей комбинированных

МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНЫМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ СОБЫТИЙ

И.О. Прутчиков, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО,

В.В. Камлюк, д-р техн. наук, ген. директор ООО «НПО 122 УМР»,

Е.Л. Каулин, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова»,

В.И. Михайлов, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник

НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО,

И.Д. Курти, студент Санкт-Петербургского горного университета, контакт. тел. (812) 646 7290

энергоустановок на базе совместного применения ДГУ и СПЭ, которые могут быть положены в основу исследования функционирования СМБЖ с КОЭС в составе СГЭС с ДГУ и СПЭ [9, 10]. Как показали ранее выполненные исследования, при моделировании СМБЖ СГЭС целесообразно использование раздела SimPowerSystems пакета Simulink программы Matlab. При этом наиболее актуальными в настоящее время задачами при исследовании функционирования СМБЖ с КОЭС в составе СГЭС с ДГУ и СПЭ методом имитационного математического моделирования следует считать:

- сравнительную оценку различных схем, способов и вариантов включения СМБЖ в состав СГЭС;
- определение и оценку динамических характеристик СМБЖ СГЭС при различных параметрах основных структурных элементов;
- оценку эффективности алгоритмического и программного обеспечения функционирования СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ;
- оценку возможностей реализации в СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ режимов удаленного управления, мониторинга, контроля, сигнализации и защиты по основным параметрам, а также обеспечение энергоэффективных технологических режимов форсировки по активной мощнос-

ти, компенсации реактивной мощности, аккумулирования и когенерации энергии;

- имитационное моделирование работы СМБЖ с КОЭС в составе СГЭС в реальном масштабе времени на различных эксплуатационных режимах;
- расчетные исследования по определению оптимальных настроечных параметров и динамических характеристик СМБЖ с КОЭС.

Расчетная технологическая схема СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ, которая может быть положена в основу разрабатываемой математической модели, представлена на рис. 1. Как показано, основными технологическими элементами СМБЖ являются включенные на параллельную работу через шины гарантированного питания (ШГП) ДГУ и реверсивный преобразователь электроэнергии (РПЭ). Питание РПЭ постоянным током осуществляется от шин постоянного тока (ШПТ), которые в нормальном режиме запитываются от выпрямителей ВУ1, а на режимах автономной работы получают питание от выпрямителей ВУ2, аккумуляторных батарей (АБ) и нетрадиционных источников электроэнергии (НИЭ). Включение и отключение технологических элементов схемы по сигналам управления режимами работы СГЭС выполняется

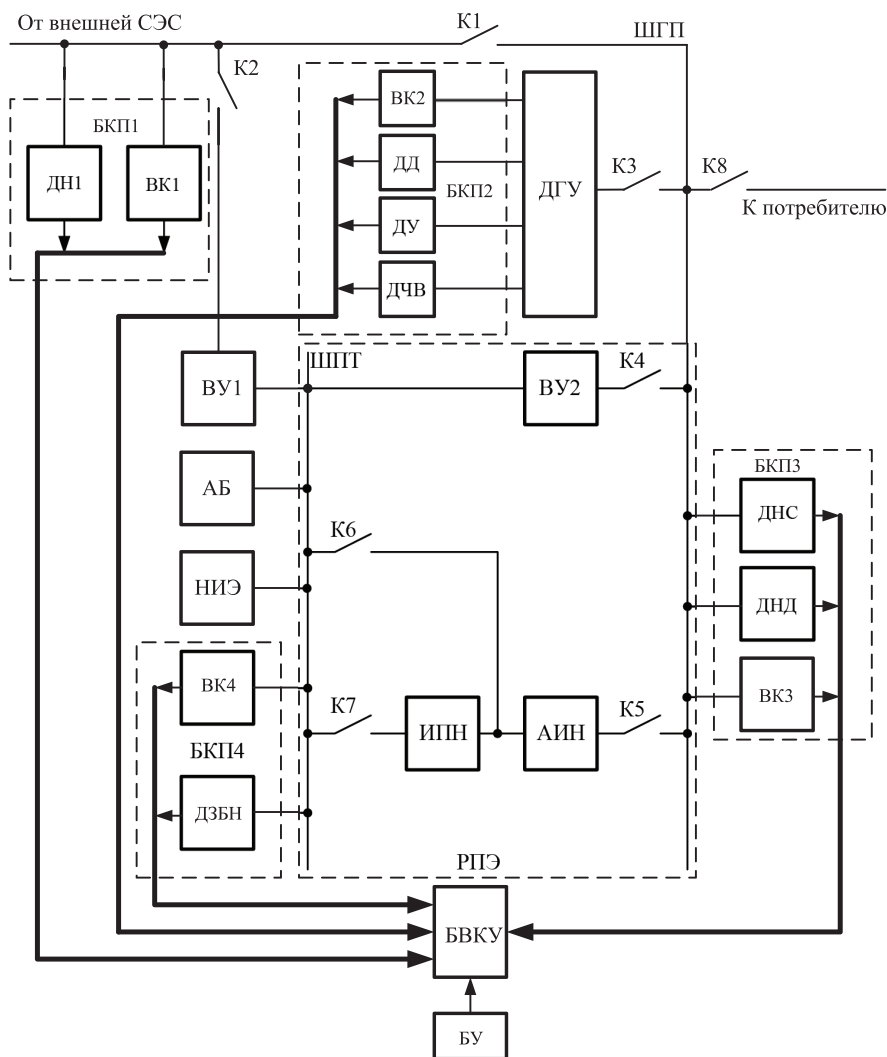


Рис. 1. Расчетная технологическая схема СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ

БКП – блок контроля параметров; ДН – датчик нагрузки; ВК – видеочасть; ВУ – видеоустройство; АБ – аккумуляторная батарея; НИЭ – нетрадиционные источники электроэнергии; ДГУ – двигатель-генераторная установка; ДД – датчик движения; ДУ – датчик уровня; ДЧВ – датчик частоты вращения; АИН – автономный инвертор напряжения; ИПН – импульсный преобразователь напряжения; ШГП – шины гарантированного питания; ШПТ – шины постоянного тока; БВКУ – блок видеоконтроля и управления; К – контактор; ВУ – управление; ДЗБН – датчик заряда (состояния) накопительной батареи, ДНС – датчик статической нагрузки, ДНД – датчик динамической нагрузки

с помощью автоматических выключателей К1–К7.

Для мониторинга, контроля и противоаварийного управления расчетная технологическая схема СМБЖ СГЭС оборудована блоками контроля параметров внешней сети (БКП1), дизель-генератора (БКП2), шин гарантированного питания (БКП3) и шин постоянного тока (БКП4). Каждый из указанных блоков снабжен необходимым для выполнения назначенных функций набором средств обнаружения и регистрации событий, в том числе и оптоэлектронных. Выходные сигналы от средств обнаружения и регистрации событий из состава БКП1–БКП4 поступают в блок видеоконтроля и управления (БВКУ), получающий также сигналы управления от блока управления (БУ). При возникновении аварийных ситуаций на оборудовании СГЭС и

получении соответствующих сигналов от датчиков в блоке БВКУ формируются управляющие сигналы, подаваемые в соответствующие БКП, на активацию средств видеоконтроля и в схему управления СГЭС на изменение режимов работы основного оборудования.

Таким образом, представленная на рис. 1 расчетная технологическая схема СМБЖ СГЭС может быть принята за основу при разработке ее имитационной математической модели.

В соответствии с разработанной расчетной технологической схемой была построена структурная схема СМБЖ СГЭС, положенная в основу разрабатываемой математической модели, представленной на рис. 2. Соответствующий принятой структурной схеме алгоритм расчета параметров математической модели СМБЖ СГЭС показан на рис. 3.

Представленная на рис. 2. схема математической модели СМБЖ СГЭС включает в себя два основных источника автономного электропитания ДГУ и РПЭ (СПЭ), работающих на общие ШГП, являющихся объектами мониторинга, контроля и противоаварийного управления.

В качестве технологических возмущений, вызывающих возможные аварийные режимы работы СГЭС здесь выступают работающие с переменными (задаваемыми) параметрами динамическая нагрузка (асинхронный электродвигатель (АЭД), приводящий рабочую машину (РМ), статическая нагрузка (СН), внешняя сеть электропитания (ВС), а также параметры состояния первичного двигателя (ПД) ДГУ и ШПТ. При этом ДГУ состоит из первичного дизельного или газового двигателя, оборудованного регулятором частоты вращения (РВ).

Реверсивный преобразователь электроэнергии (РПЭ) в рассматриваемой структурной схеме представлен в составе автономного инвертора напряжения (АИН), состоящего из блока контроля напряжения (БКУ), устройства управления пульс-генератора (УУПГ), собственно пульс-генератора (ПГ) и блока силовых транзисторных ключей (БСТК), аккумуляторной батареи (АБ), подключенной через шины постоянного тока (ШПТ) и импульсный преобразователь напряжения (ИПН) на один из входов БСТК. Выход БСТК через разделительный трансформатор (Тр) и фильтр (Ф) связан с ШГП.

Выход БСТК через разделительный трансформатор (Тр) и фильтр связан с ШГП. Для контроля параметров основного оборудования СГЭС (ШГП, ВС, ПД и ШПТ) в схеме предусмотрена установка комбинированных средств обнаружения и регистрации аварийных событий в виде совокупности датчиков напряжения (ДН1) и (ДН3), статической (ДНС) и динамической (ДНД) нагрузки, давления (ДД) и температуры (ДТ) рабочих сред в первичном двигателе (ПД), частоты вращения первичного двигателя (ДЧВ), частоты переменного тока автономной сети электропитания (ДЧ), заряда (состояния) аккумуляторной батареи (ДЗБН), а также оптоэлектронных средств обнаружения и регистрации событий (ВК1–ВК4). Все средства обнаружения и регистрации событий установлены в соответствующих блоках контроля параметров БКП1–БКП4.

Сигналы о состоянии основного оборудования из БКП1–БКП4 поступают в блок видеоконтроля и управления БВКУ, который при обнаружении аварийных событий по сигналам дат-

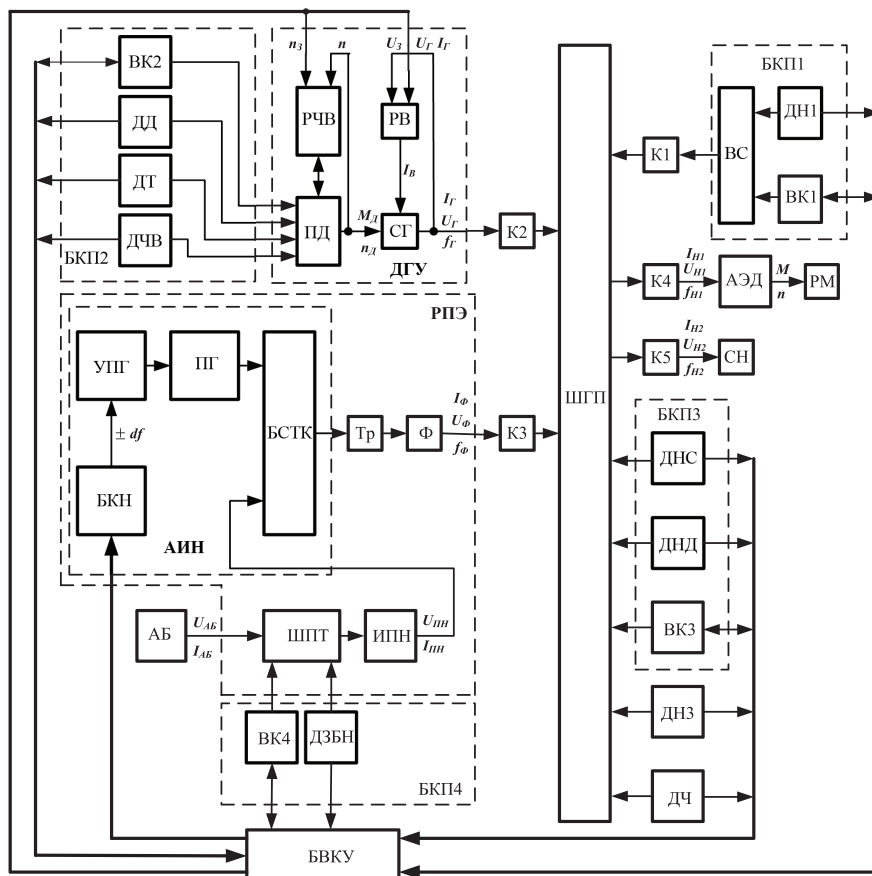


Рис. 2. Структурная схема математической модели СМБЖ СГЭС на базе совместного применения ДГУ и СПЭ

БК – видеокамера; ДД – датчик давления; ДУ – датчик уровня; ДЧВ – датчик частоты вращения; РЧВ – регулятор частоты вращения; ПД – первичный двигатель (дизель); СГ – синхронный генератор; РВ – регулятор возбуждения синхронного генератора; БСТК – блок силовых транзисторных ключей; Тр – трансформатор; Ф – фильтр; УУПГ – устройство управления пульс-генератор; АБ – аккумуляторная батарея; АИН – автономный инвертор напряжения; ИПП – импульсный преобразователь напряжения; ШПП – шины гарантированного питания; ШПТ – шины постоянного тока; АЭД – асинхронный электродвигатель; СН – статическая электрическая нагрузка; РМ – рабочий механизм на валу; БКН – блок измерения отклонения частоты и напряжения; ИПН – импульсный преобразователь напряжения; БКП – блок контроля параметров; РПЭ – реверсивный преобразователь энергии; ВС – внешняя сеть; ДЗБН – датчик заряда (состояния) накопительной батареи; ДНС – датчик статической нагрузки; ДНД – датчик динамической нагрузки

чиков активирует видеокамеры ВК1–ВК4 и далее при необходимости формирует сигналы противоаварийного управления основным оборудованием. В частности, в случае нарушений со стороны внешней сети согласно специальному алгоритму запускается автономный энергоисточник (ДГУ), при перегрузке по току ШПП в автономном режиме подключаются (переключаются на режим форсировки мощности) резервные вторичные энергоисточники (РПЭ), а часть неотъемлемых потребителей (АЭД или СН) может быть отключена. При отклонении от нормы параметров АБ и ШПТ, например при разряде АБ, подается сигнал на включение зарядных устройств. Для выполнения функций противоаварийного управления в БВКУ предусмотрена подача управляющих сигналов в ПД на изменение подачи топлива (уставки по частоте вращения, в СГ – на изменение тока возбуждения (уставки

по напряжению), в РПЭ – для регулирования режима работы пульс-генератора (ПГ). Дополнительно по результатам активации видеоконтроля путем отключения соответствующих блоков в рассматриваемой схеме может быть реализовано включение либо отключение основного оборудования – энергоисточников и нагрузки. Управление контакторами К1–К5 может быть выполнено вручную по результатам видеоконтроля либо через соответствующие системы (блоки) автоматического управления основным оборудованием, после подачи в них соответствующих команд. При имитационном моделировании работы СМБЖ СГЭС согласно рассматриваемой схеме предусматривается ручное управление контакторами К1–К5.

Представленный на рис. 3 алгоритм расчета параметров математической модели СМБЖ СГЭС предусматривает следующую последовательность

операций по определению и оценке динамических характеристик функционирования СГЭС на аварийных режимах:

1. На первом этапе определяются и вводятся исходные данные: характеристики основного оборудования, допустимые значения контролируемых параметров, исходные параметры состояния и свойств объектов, характеристики возмущающих воздействий по основным каналам (нагрузка, внешняя сеть, внутреннее оборудование и т. д.).

2. Задаются параметры цикла и время моделирования.

3. Рассчитываются параметры состояния основных источников электропитания – ДГУ и РПЭ.

4. С учетом данных и характеристик задаваемых возмущающих воздействий проводится расчет основных параметров функционирования СГЭС – частоты в питающей сети, величины и характера нагрузки, напряжения на шинах и т. д.

5. С учетом полученных данных о работе ДГУ, РПЭ и СГЭС в целом, а также данных о задаваемых возмущениях рассчитываются параметры ШПП и ШПТ, статической и динамической нагрузок.

6. Полученные расчетным путем данные о параметрах функционирования основного оборудования сравниваются с заданными в БКП1–БКП4 предельными значениями. В случае отсутствия аварийных отклонений параметров цикл расчета повторяется. При превышении контролируемыми параметрами предельных заданных значений происходит активация каналов видеоконтроля (видеокамер ВК1–ВК4), включение контуров противоаварийного управления и регистрации параметров. В результате режимы работы основного оборудования могут быть изменены вплоть до его аварийного отключения.

7. После аварийного изменения параметров основного оборудования уточняются (построение) его динамические характеристики и цикл имитационного моделирования повторяется. Полученные в результате моделирования динамические характеристики могут быть использованы для оценки эффективности и количественных показателей функционирования разработанных СМБЖ СГЭС различной конфигурации и состава.

На рис. 4 представлено окно приложения Simulink программы Matlab с разработанной структурной схемой математической модели СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ. Модель СМБЖ СГЭС показана в виде структурно-логического описания блоков и связей входов и выходов блоков. Связи между блоками,

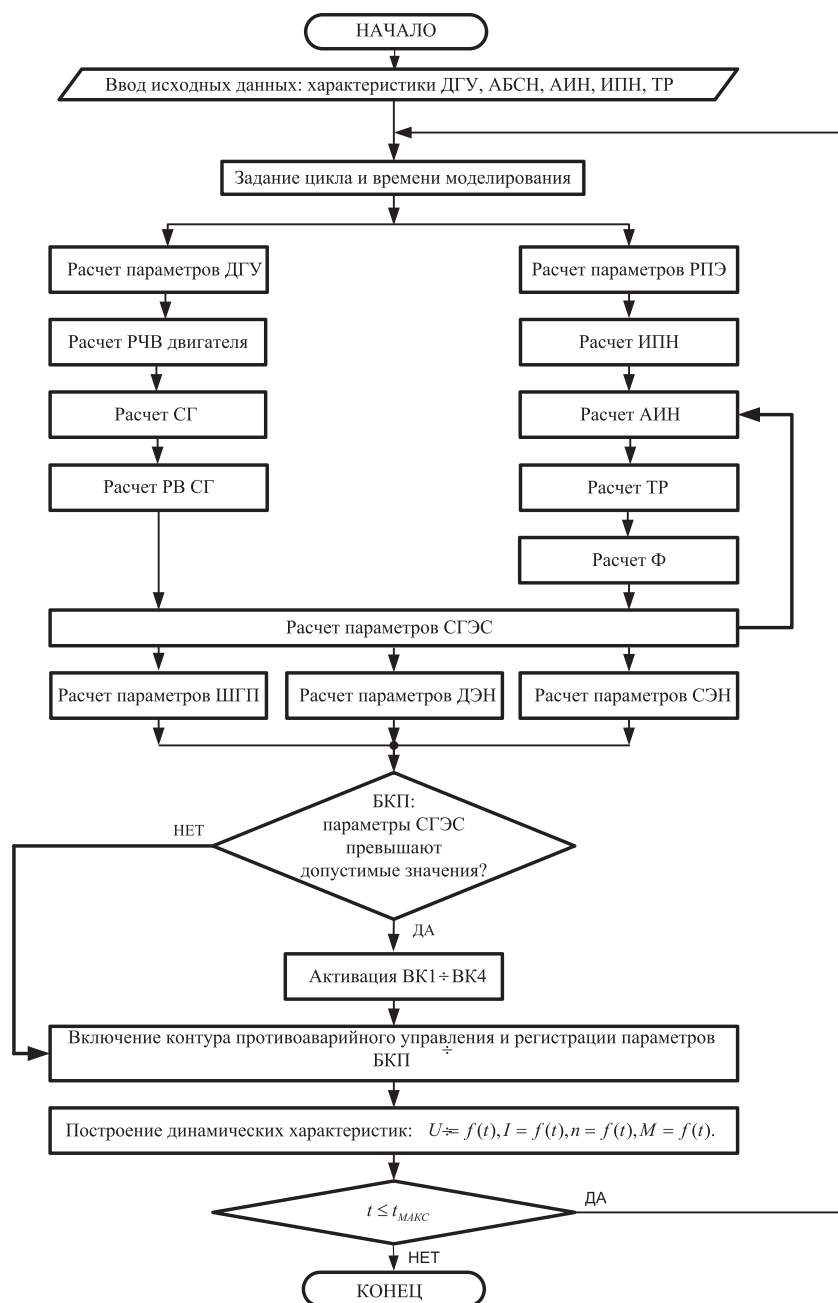


Рис. 3. Алгоритм расчета параметров математической модели СМБЖ СГЭС
 ДГУ – двигатель-генераторная установка; РЧВ – регулятор частоты вращения дизеля; СГ – синхронный генератор; РВ – регулятор возбуждения синхронного генератора; РПЭ – реверсивный преобразователь энергии; ИПН – импульсный преобразователь напряжения; АИН – автономный инвертор напряжения; ТР – трансформатор; Ф – фильтр; СГЭС – система гарантированного энергоснабжения; ШГП – шины гарантированного питания; ДЭН – динамическая нагрузка; СЭН – статическая нагрузка; ВК – видеокамера; БКП – блок контроля параметров

отражающие их взаимодействие, показаны стрелками. Сами блоки имеют обобщенное универсальное стандартное математическое описание, однако имеется возможность задания отдельно для каждого блока в своем окне характеристик и параметров элементов.

Таким образом могут быть учтены конкретные условия моделирования. В отдельном окне задаются параметры и последовательность вычислений, что позволяет при необходимости изменять либо дополнять алгоритм расчета параметров модели. Характеристики цикла расчета автомати-

чески устанавливаются приложением Simulink, а отладка по входам и выходам выполняется после каждого изменения характеристик элементов. В итоге реализация разработанных схемы и алгоритма расчета параметров СМБЖ СГЭС на ПЭВМ позволили создать ее имитационную математическую модель. Особенности данной математической модели являются подробное структурное представление автономного инвертора, АБ и импульсного преобразователя напряжения, учет характеристик статической и динамической нагрузки, воз-

можность моделирования различных вариантов преобразования уровней напряжения, а также применение для расчетов приложения Simulink программы Matlab. В ходе проведения аналитических исследований методом математического моделирования были выполнены расчеты нормальных и аварийных режимов работы СМБЖ.

Расчетные временные характеристики работы СГЭС для различных режимов и начальных условий применения представлены на рис. 5–6. Представленные характеристики могут быть использованы для анализа, оценки эффективности и расчета элементов, структурно-параметрической оптимизации СМБЖ СГЭС по условию обеспечения требуемого качества эксплуатационных режимов работы.

Таким образом, реализация СМБЖ с КОЭС как новой технической подсистемы автономных объектов потребовала разработки и исследования их методом математического моделирования. С этой целью была разработана имитационная математическая модель СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ, ориентированная на комбинированное применение ОЭС для контроля и управления параметрами и режимами работы. Имитационная математическая модель СМБЖ СГЭС была разработана на основе составления ее технологической и структурной схем и реализована с помощью пакета программ Matlab приложения Simulink.

Взаимодействие основных блоков математической модели СМБЖ СГЭС проводится согласно разработанному алгоритму, предусматривающему, в частности, активацию каналов видеоконтроля при возникновении аварийных режимов работы основного оборудования.

Разработанная математическая модель СМБЖ СГЭС позволяет выполнить широкий комплекс расчетных исследований для оценки эффективности, выбора оптимальных схемных решений и параметров основных элементов СМБЖ СГЭС. В ходе выполненных аналитических исследований СМБЖ СГЭС методом математического моделирования были выполнены расчеты следующих режимов работы:

- автономная работа от ДГУ и СПЭ в нормальном режиме;
- совместная работа ДГУ и СПЭ в нормальном режиме;
- работа основного оборудования СГЭС – ДГУ, СПЭ, ВС и АБ на аварийных режимах.

Полученные при этом расчетные временные характеристики могут быть использованы для оценки эффективности функционирования СМБЖ СГЭС на различных режимах эксплуатации.

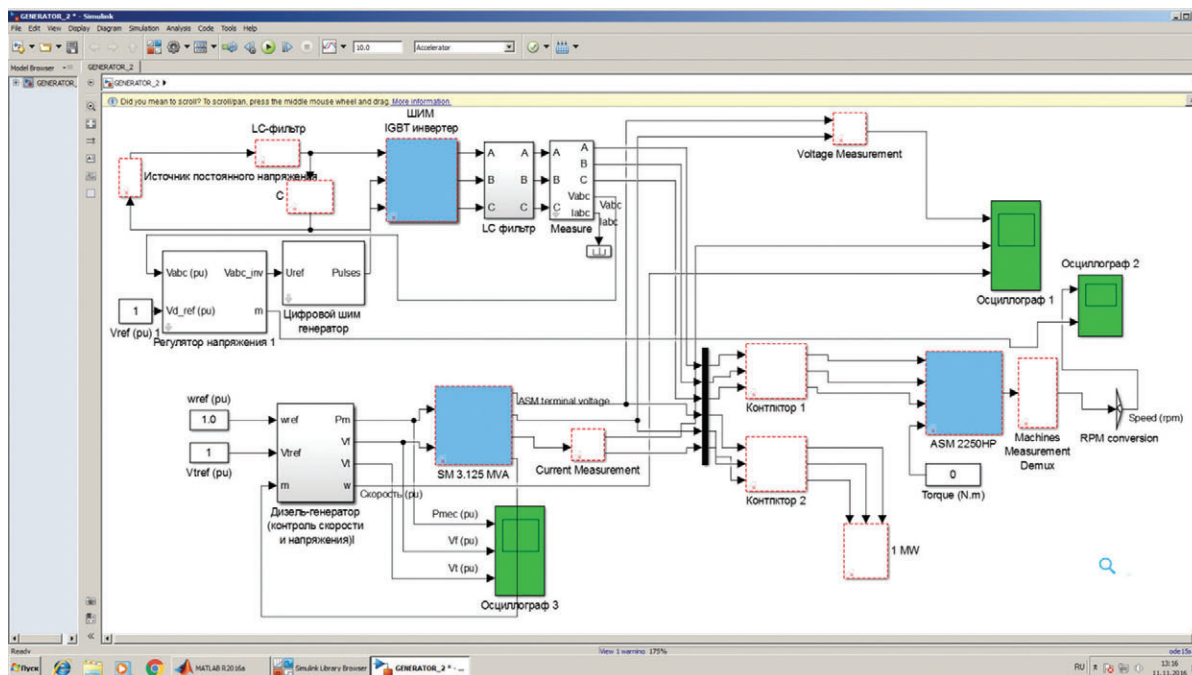


Рис. 4. Окно программы Matlab (приложение Simulink) с визуально-ориентированным взаимодействием блоков СМБЖ СГЭС

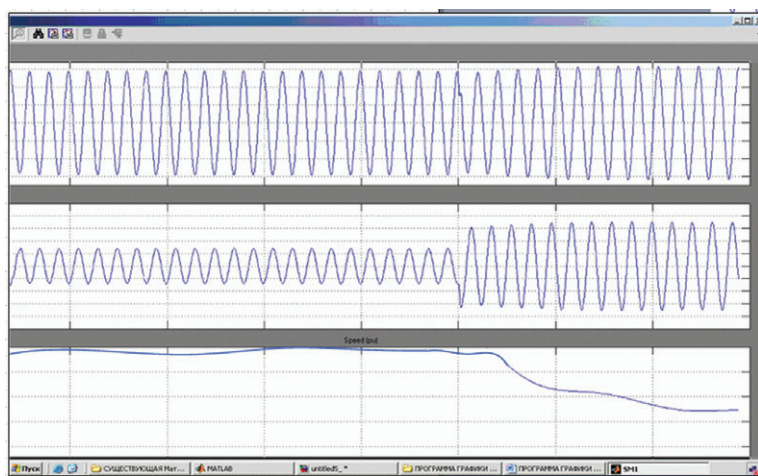


Рис. 5. Временные характеристики аварийного режима работы СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ, вызванного перегрузкой по току основного энергоисточника (перегрузка ДГУ)

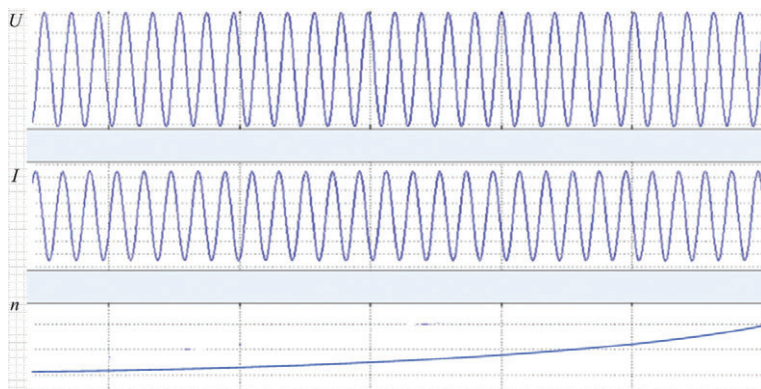


Рис. 6. Временные характеристики аварийного режима работы СМБЖ СГЭС с ДГУ и СПЭ, вызванного ростом частоты вращения первичного двигателя (разнос ДГУ)

ЛИТЕРАТУРА

1. Прутчиков И. О., Камлюк В. В., Михайлов В. И., Федяев Л. С. Системы мониторинга, контроля и управления

бесперебойным жизнеобеспечением автономных объектов на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий. – Морской вестник. – 2017. – № 3 (63).

2. Максимов В. С., Федяев С. Л., Федяев Л. С., Федяев Ю. С. Патент на полезную модель № 80049 от 25.08.2009 г. «Комбинированное средство обнаружения».
3. Прутчиков И. О., Федяев Л. С. и др. Интеллектуальные системы гарантированного энергоснабжения на базе совместного применения двигатель-генераторных установок и статических преобразователей электроэнергии. – СПб.: ВАМТО, 2017. – 167 с.
4. Прутчиков И. О., Федяев Л. С. и др. Технологическое, техническое и алгоритмическое обеспечение функционирования интеллектуальных систем гарантированного энергоснабжения автономных объектов МО РФ на базе совместного применения ДГУ и СПЭ // Сб. тр. Всеросс. конфер. «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – СПб., 2016, т. 3.
5. Прутчиков И. О., Камлюк В. В., Михайлов В. И. и др. Патент РФ № 2571053 от 18.04.2007 г. «Способ работы двигателя внутреннего сгорания и двигатель внутреннего сгорания».
6. Прутчиков И. О., Янович К. В., Михайлов В. И., Прокофьев В. Е. Комбинированное применение двигатель-генераторных установок и статических преобразователей электроэнергии для обеспечения гарантированного питания потребителей переменного тока автономных объектов. – СПб.: ВАМТО, 2016. – 162 с.
7. Прутчиков И. О., Каулин Е. Л., Михайлов В. И., Дудурич Б. Б. Структурно-параметрическая оптимизация систем гарантированного энергоснабжения автономных объектов МО РФ при проектировании на основе метода анализа иерархий // Сб. тр. Всеросс. конфер. «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – СПб., 2017, т. 3.
8. Прутчиков И. О., Камлюк В. В. Комбинированные энергоустановки автономных объектов с частотным регулированием и преобразованием энергии. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2007. – 448 с. ■

В настоящей статье рассмотрены некоторые направления совершенствования корабельных интегрированных систем и комплексов четвертого поколения и организационные меры, которые позволят в полной мере воспользоваться их возможностями.

Основными целями, которые определяют направления совершенствования систем четвертого поколения, являются:

- повышение боевой эффективности кораблей;
- повышение автономности плавания;
- снижение издержек при строительстве кораблей.

Понятно, что все направления развития не могут быть отражены в рамках одной статьи, поэтому мы сочли возможным сконцентрировать внимание на наиболее очевидных. Причем в рассмотрение включены лишь основные интегрированные системы и комплексы, к которым относятся:

- боевые системы;
- системы управления техническими средствами;
- системы освещения обстановки;
- системы навигации и связи.

Каждый из перечисленных комплексов совершенствуется от поколения к поколению, приобретая новые качества и возможности. Особенное ускорение этому процессу придает повсеместное использование современных средств вычислительной техники. Упорядочивание процессов развития и своевременная оценка новых возможностей, которые предоставляет вычислительная техника, позволят обеспечить продвижение к указанным выше целям с наименьшими издержками.

УРОВНИ ИНТЕГРАЦИИ

Генеральным заказчиком сформулированы в общем виде основные направления развития радиоэлектронного вооружения (РЭВ) кораблей, важнейшим из которых признана интеграция боевых и технических средств как по видам ВВТ, так и межвидовая. Целесообразно разделить понятие интеграции на информационную и алгоритмическую. Это в целом соответствует направлениям развития мирового военного кораблестроения.

Практически все комплексы четвертого поколения обеспечивают информационный обмен, однако специфика требований, предъявляемых к каждому из комплексов, не дает возможности в полной мере унифицировать технические решения.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, ген. директор АО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5971

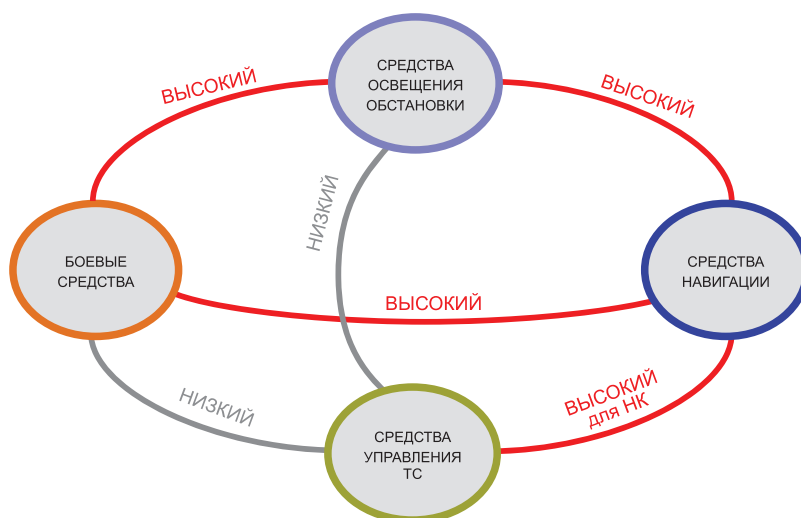


Рис. 1. Оценка алгоритмической связности корабельных комплексов

Наиболее очевидной мерой, которая могла бы способствовать информационной интеграции, является стандартизация протоколов обмена и физической реализации сети. Дисциплинирующим фактором для этого может стать использование многоабонентной сети как изделия самостоятельной поставки. Сегодня поставщики такого оборудования существуют и готовы предоставить сеть на любое количество абонентов в оптоволоконном исполнении с Ethernet-протоколом и коммутаторами как самостоятельное изделие.

Остальные технические решения предопределены спецификой комплексов, и их конструктивная и аппаратная унификация мало вероятна.

Следующим уровнем интеграции является алгоритмическая интеграция. На рис. 1 представлена оценка алгоритмической связности различных комплексов. Из этой оценки следует, что наиболее перспективно направление интеграции средств освещения обстановки, навигации и боевых систем. Такого рода интеграция, по нашему мнению, должна повысить, в частности, эффективность выработки данных целеуказания высокоточному оружию. Такие попытки уже предпринимаются в процессе концептуального проектирования ряда новых кораблей.

Другим явным направлением алгоритмической интеграции является интеграция систем управления техническими средствами (СУ ТС) корабля

и средств навигации. Такая интеграция уже реализована для ряда проектов надводных кораблей, что обеспечивает автоматизацию судовождения, управление удержанием корабля в точке.

БАЗОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ

Типовая структура разветвленной системы четвертого поколения представлена на рис. 2. К базовым техническим решениям, которые применяются в таких системах, относятся следующие:

- троированная сеть для атомной энергетики и дублированная сеть для других технических средств;
- гигабитный Ethernet «на обмене»;
- оптоволоконно на сети;
- единая система IP-адресов и баз данных;
- быстродействие выше 0,4 с по обработке сигнала;
- декларативная рассылка информации;
- максимальная алгоритмическая связность;
- быстродействующая внутриприборная шина;
- самоконтроль аппаратуры;
- непрерывный контроль линий связи и исполнительных органов.

Развитие средств автоматизации может и должно, по нашему мнению, оказывать влияние на конструкцию кораблей, их водоизмещение, автономность, другие характеристики. Нельзя

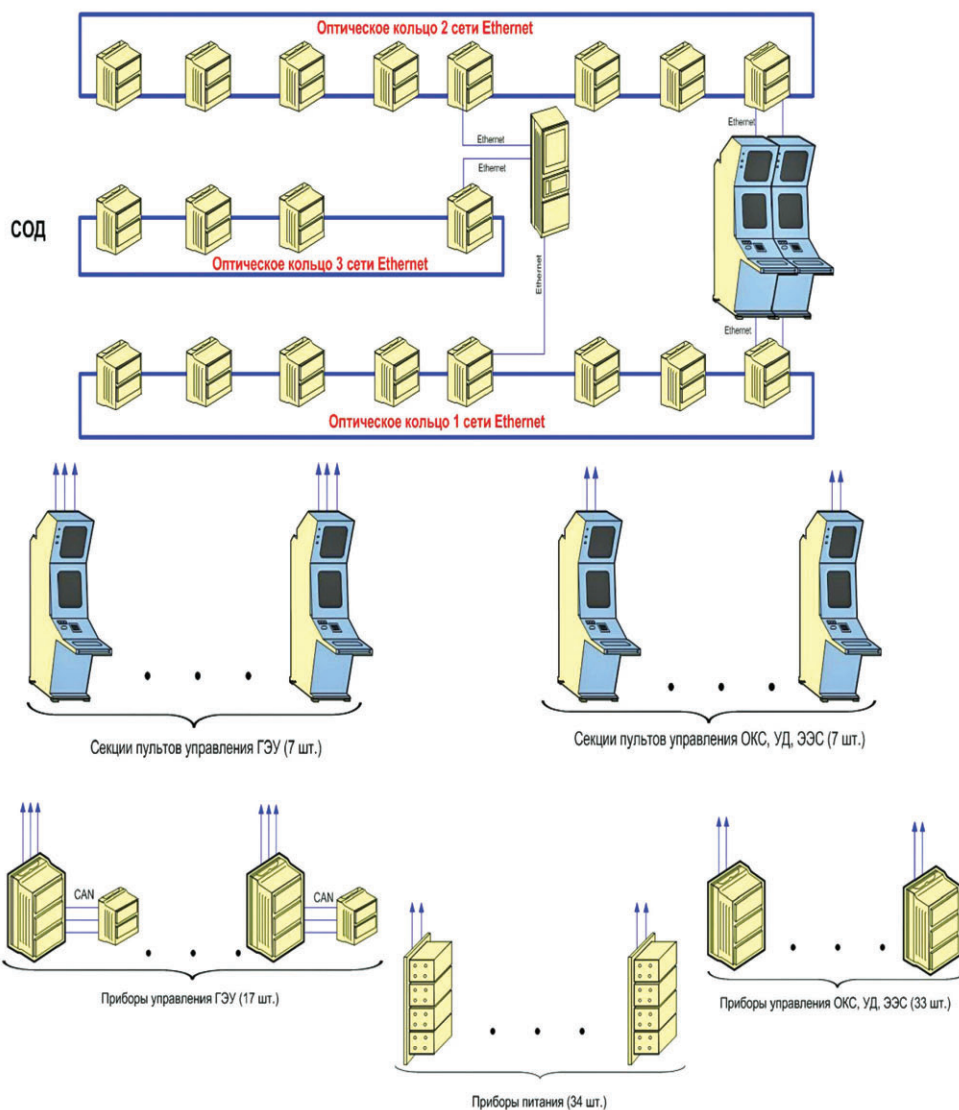


Рис. 2. Структура разветвленной системы четвертого поколения

сказать, что возможности систем автоматизации безграничны, однако их развитие и интеграция создают предпосылки для создания безэкипажных кораблей.

Повышение степени автоматизации как следствие развития радиоэлектронного вооружения приводит к сокращению численности экипажа и соответствующему сокращению количества боевых постов, ведущее к уменьшению водоизмещения корабля, повышению автономности плавания [1]. Однако это потребует пересмотра таких документов, как табель командных пунктов и боевых постов, руководства по обеспечению живучести, общих технических требований и т.д. Связь между обликом корабля и возможностями РЭВ несомненна, однако, по нашему мнению, недооценена.

СОКРАЩЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК НА ЭТАПАХ СОЗДАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ

Следующее направление развития РЭВ – это снижение издержек на всех

этапах создания оснащения и испытаний корабля. Опыт постройки кораблей четвертого поколения показал, что основные проблемы при их строительстве возникают на стыке различных видов оборудования, особенно в случаях необоснованного отхода от апробированных технических решений.

Так, например, смена пускателей механизмов приводила к тому, что входные каскады новых пускателей выжигали выходные цепи систем управления обратной ЭДС; другие срабатывали от 10 мА тока контроля. Отказ от традиционных датчиков привел к тому, что система измеряет не температуру и давление, а помеху. Таких примеров можно привести много.

Представляется, что, следуя идеям интеграции, целесообразно было бы выбор и поставку источников информации и исполнительных органов (в частности, пускателей) возложить на поставщика интегрированной системы управления техническими средствами. Подобное решение, на наш

взгляд, существенно снизит издержки при строительстве корабля, особенно в период швартовых и комплексно-швартовых испытаний (ШИ и КШИ).

Другое значимое направление снижения издержек лежит в сфере выполнения проектных работ по созданию РЭВ и, в частности, СУ ТС.

Более половины трудоемкости проектных работ ложится на разработку функционального программного обеспечения (ФПО), «укладку» ФПО на общее программное обеспечение (ОПО) и аппаратуру. Перенос процесса отладки ФПО и ОПО в виртуальную среду является стратегическим для разработчиков СУ ТС направлением развития технологии проектирования. Это позволяет уменьшить время нахождения изделия на стендах, снизить капитальные и эксплуатационные издержки. Например, интегрированная система управления техническими средствами многоцелевой АПЛ четвертого поколения, разрабатываемая в АО «Концерн «НПО «Аврора», находилась на испытательном стенде год и шесть месяцев,

а количество стендовых площадей для отладки и предъявления заказчику изделия составляла несколько тысяч квадратных метров.

Для отладки программного обеспечения необходимы достоверные математические модели (ММ) объектов управления. До последнего времени отладка дискретных систем осуществлялась в статическом режиме и стендовые испытания не предусматривали оценку их работоспособности с учетом динамических характеристик сотен единиц оборудования без ярко выраженных обратных связей. К подобным системам относятся, например, системы управления корабельной ядерной энергетической установкой (ЯЭУ). Разработчик СУ ТС самостоятельно генерировал статическую ММ объекта на основе технического задания (ТЗ) на проектирование СУ ТС и использовал эту ММ в процессе стендовых испытаниях изделий.

Однако в последние годы появилось значительное количество интересантов, предлагающих заменить статическую ММ главной энергетической установки АПЛ на динамическую модель. По нашему мнению, этот вопрос требует детальной проработки, поскольку поставляемое на корабль оборудование ЯЭУ и, в частности, оборудование паропроизводящей (ППУ) и паротурбинной установки (ПТУ) должно быть консервативным в плане безопасности и иметь регуляторы и ограничители, которые делают его безопасным.

Представляется, что совершенствование ММ ППУ и ПТУ и в целом ЯЭУ следует вести в направлении повышения ее комплексности, формирования комплексных алгоритмов функционирования, поскольку алгоритмическая разрозненность нескольких систем ЯЭУ, а также алгоритмические ошибки проектианта приводят к серьезным задержкам стендовых испытаний и проведения швартовные испытания и КШИ на корабле. Кроме того, они автоматически воспроизводятся в статической ММ, используемой для отладки СУ ТС в настоящее время.

Таким образом, наиболее целесообразным является создание комплексной математической модели (КММ) как наиболее приближенного к описываемому объекту инструмента для выполнения проектных работ до поставки СУ ТС на корабль. Очевидно, КММ должна быть продуктом совместной разработки поставщиков оборудования ЯЭУ и проектианта корабля.

Модель ЯЭУ должна быть составной частью технического задания на проектирование СУ ТС. Недопустимо ее появление на стадии предъявления изготовленной и отлаженной системы управления, поскольку это равносильно смене ТЗ на проектирование после его завершения, изготовления и отладки СУ ТС.

Так же бессмысленно использование КММ на корабле, поскольку она теряет свою актуальность в процессе проведения корабельных испытаний с реальным оборудованием и внесения соответствующих правок в алгоритмы управления.

Вместе с тем КММ корабельного оборудования, в том числе ЯЭУ, может родиться только после выпуска основной массы рабочей документации корабля. Возникает технологическое противоречие, поскольку проектирование корабля, его оборудования и КСУ ТС не может быть «вытянуто в линейку» и осуществляться последовательно. Цикл создания КСУ ТС занимает два с половиной года после получения ТЗ на проектирование, полтора года на изготовление. Поэтому наиболее логично использование КММ на стадии изготовления КСУ ТС в период разработки ФПО и его отладки. КММ должна иметь статус уточненного ТЗ на проектирование СУ ТС.

Формализация такой технологии проектирования и строительства кораблей, предусматривающей виртуальную отладку ММ КСУ ТС и КММ оборудования ЯЭУ корабля существенно сократит общие издержки проектирования и строительства.

СТРУКТУРНАЯ НАДЕЖНОСТЬ

Следующий аспект, на который хотелось бы обратить внимание – это надежность. Отдельной проблемой является проблема структурной надежности, которая проявляется, в частности, на стыке структуры технических средств корабля и СУ ТС.

Требования ядерной безопасности в современной редакции, предъявляемые к СУ ТС, неадекватно жесткие. Не учитываются меры по резервированию оборудованию корабля и ЯЭУ. Требования к КСУ ТС обеспечить выполнение системой важной для безопасности функции при двух отказах без учета резервных возможностей установки приводит к двукратному увеличению объема аппаратуры СУ ТС по сравнению с системами второго поколения. Очевидно, что чем больше задействованной аппаратуры, тем выше вероятность отказа.

Поэтому увеличение объема аппаратуры влечет за собой расширение систем контроля и диагностики. Все это вместе взятое требует расширения системы электропитания, что, в свою очередь, ведет к снижению ее надежности. Процессы носят расходящийся характер, и дальнейшее стремление к резервированию в СУ ТС приводит к абсурду. Для разрешения этого принципиального противоречия необходимо перейти от расчета структурной надежности по отдельным видам оборудования корабля к оценке по кораблю в целом.

ВЫВОДЫ

Таким образом, основными и наиболее очевидными направлениями достижения поставленных целей совершенствования систем четвертого поколения должны стать следующие:

- 1) алгоритмическая интеграция боевых систем и систем освещения обстановки;
- 2) алгоритмическая интеграция систем навигации и СУ ТС для обеспечения автоматического судовождения, позиционирования корабля в заданной точке;
- 3) стандартизация сетей и интерфейсов обмена;
- 4) пересмотр правил организации поставок корабельного оборудования;
- 5) пересмотр базовых документов ВМФ с целью приведения численности экипажа и автономности корабля в соответствии с достигнутой степенью автоматизации;
- 6) пересмотр некоторых аспектов проектирования кораблей с переносом акцента на виртуальное проектирование при сохранении формальных взаимоотношений между проектантами корабля, технических средств и СУ ТС;
- 7) пересмотр отношения к структурной надежности технических средств корабля.

Осмысление представленных соображений поможет нам сделать следующий шаг не только к созданию систем пятого поколения, но и кораблей, обладающих новыми привлекательными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилов К.Ю. Технические и технологические направления развития цифровых систем морской радиоэлектроники // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». – 2015. – Вып. 31. – С. 3–11. ■

Задача обнаружения и сопровождения морских объектов в непосредственной близости от береговой черты является одной из наиболее сложных для радиолокационных визиров (РЛВ), установленных на летательных аппаратах (ЛА). Сложность ее обусловлена недостаточной разрешающей способностью РЛВ по угловым координатам главным образом вследствие малой апертуры антенных устройств, связанной с жесткими ограничениями массогабаритных параметров.

Сложность задачи (рис. 1) усугубляется тем, что наряду с высокой разрешающей способностью по углу требуется обеспечить два вида селекции объектов: селекцию ложных уведящих объектов типа дипольных облаков (ДО), угол-

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ВИЗИРОВ НА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ПО МОРСКИМ ОБЪЕКТАМ В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ БЕРЕГОВОЙ ЧЕРТЫ

Ю.С. Ицкович, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник,

Ю.В. Арнаут, инженер 2-й категории,

И.П. Грахова, инженер 1-й категории, АО «Концерн «Гранит-Электрон»,

П.А. Новиков, руководитель проектов ЗАО «АстроСофт»,

контакт. тел. (812) 578 9802

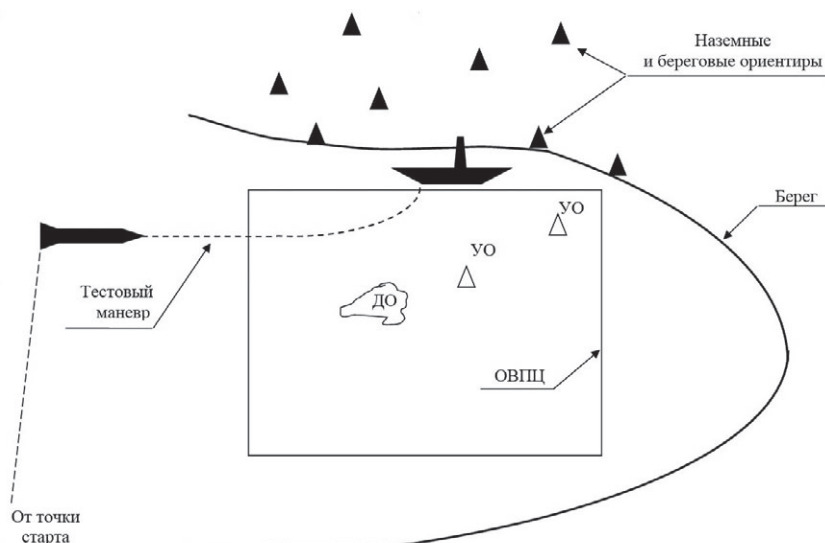


Рис. 1. Морской объект у берега

ковых отражателей и ретрансляторов (УО), а также селекцию движущихся объектов (СДО) для сохранения их в массиве объектов, участвующих в выборе объекта назначения.

Селекция ложных уведящих объектов решается в перспективных РЛВ [1, 5], использующих для своей работы когерентный, фазоманипулированный (ФМ) зондирующий сигнал. Известны также попытки повысить угловую разрешающую способность радаров, включая РЛВ, путем синтеза апертуры антенны по методу доплеровского об-

подвижным радиоконтрастным объектам [2, 6, 7].

Указанный метод основан на следующих принципах [1, 8, 9].

Принимаемый сигнал (рис. 2) с квадратурного фазового детектора после бинарного квантователя проходит через дискретный компенсатор доплеровского смещения частоты от собственной скорости ЛА и поступает на сжатие сигналов в цифровых согласованных фильтрах (ЦСФ) каждого квадратурного канала для последующего обнаружения.

При движении ЛА (рис. 3) со скоростью V под некоторым углом $\varphi_{\text{ЦВ}}$ отно-

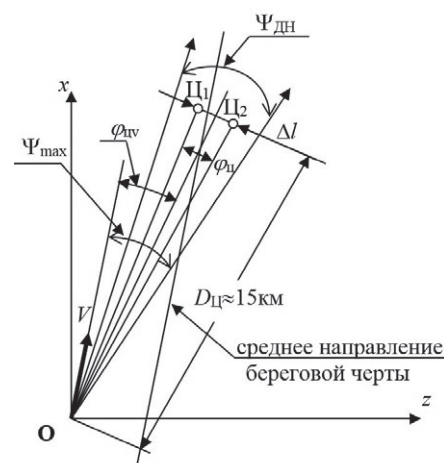


Рис. 3. Схема работы РЛВ вблизи береговой черты

сительно неразрешаемой группы объектов (Ц_1 и Ц_2), находящихся на одинаковой дальности $D_{\text{Ц}}$ относительно ЛА и на расстоянии Δl друг от друга, указанные объекты имеют различные радиальные скорости сближения с ЛА, отличающиеся от скорости ЛА, а также друг от друга на величину

$$\Delta V = V \cdot \sin \varphi_{\text{ЦВ}} \frac{\Delta l}{D_{\text{Ц}}} \quad (1)$$

Расстояние Δl между объектами соответствует угловому расстоянию

$$\varphi_{\text{Ц}} = \frac{\Delta l}{D_{\text{Ц}}} \quad (2)$$



Рис. 2. Схема обработки принимаемого ФМ сигнала

Указанная величина ΔV соответствует разности доплеровских частот объектов:

$$\Delta f_D = \frac{2V}{\lambda} \cdot \varphi_{\text{ц}} \cdot \sin \varphi_{\text{цв}}, \quad (3)$$

где λ – длина волны радиосигнала.

Путем обнаружения различных доплеровских частот в спектре эхосигнала метод ДОЛ позволяет обнаружить и разрешить объекты, близко расположенные по угловой координате и находящиеся на одной дальности.

Однако для решения всех перечисленных задач в совокупности, характерной для работы РЛВ по морским объектам вблизи береговой черты, эффективных методов ранее не было. В связи с этим возникла необходимость разработать обобщенную идеологию, использующую результаты отработки указанных алгоритмов.

ИДЕОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Идеология решения поставленной задачи основана на параметрах и алгоритмах работы бортовых РЛВ, близких к освоенным в производстве.

Одним из них является алгоритм, позволяющий в указанных в полетном задании точках изменять направление движения ЛА. С помощью этого алгоритма ЛА на конечном участке маршрута может быть переведен в режим движения параллельно береговой черте на некотором оптимальном расстоянии от берега. При этом антенна отклоняется от оси ЛА на некоторый оптимальный угол в сторону берега, позволяющий с помощью стандартной процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) получить в одном кванте дальности несколько спектральных составляющих, которые соответствуют эхосигналам от близко расположенных по углу объектов.

В качестве исходных данных для определения оптимального угла откло-

нения антенны от оси ЛА ($\Psi_{\text{опт}} = \varphi_{\text{цв}}$) выбирают следующие параметры, характерные для практических условий:

- скорость ЛА $V = 800$ м/с;
 - частоту дискретизации $f_{\text{ДСКР}}$ сигнала во временной области (частоту зондирования с учетом режима через-периодной смены несущей частоты (ЧПЧ) для селекции УО), соответственно, ширина спектра после БПФ составляет $f_{\text{ДСКР}} = 500$ Гц;
 - количество дискретных отсчетов сигнала (во времени) для БПФ – 64 (каждый отсчет содержит синфазную и квадратурную составляющую);
 - количество отсчетов спектра в частотной области – 64;
 - дискрет спектра в частотной области $\Delta f_{\text{СП}} \approx 8$ Гц.
- Геометрические параметры приведены на рис. 3.

Компенсация доплеровского смещения частоты f_D выполняется для направления скорости V движения ЛА в соответствии с выражением

$$f_D = 2V/\lambda, \quad (4)$$

где $\lambda = 3,2$ см – длина волны радиосигнала.

Для указанных значений V и λ

$$f_D = \frac{2 \cdot 800 \text{ м/с}}{3,2 \text{ см}} = 50 \text{ кГц}. \quad (5)$$

При отклонении луча на угол Ψ от направления движения ЛА доплеровское смещение частоты уменьшается ($f_{D\Psi} = f_D \cdot \cos \Psi$) и возникает некомпенсированное доплеровское смещение Δf с отрицательным знаком. При цифровом представлении спектра последний имеет периодичность по шкале частот с периодом, равным частоте дискретизации $f_{\text{ДСКР}}$. Таким образом, при отклонении луча в дискретном представлении можно анализировать спектр в диапазоне частот от $f = 0$ до $f = f_{\text{ДСКР}}$. При этом

$f = 0$ соответствует максимальному отклонению луча.

Максимальное значение некомпенсированного отклонения доплеровского смещения (в направлении уменьшения) относительно частоты f_D составляет

$$\Delta f_{\text{max}} = f_D \cdot (1 - \cos \Psi_{\text{max}}). \quad (6)$$

Учитывая периодичность спектра в цифровом виде и желание исключить выход цифрового спектра за интервал своего периода $f_{\text{ДСКР}}$ принимается условие

$$\Delta f_{\text{max}} \leq f_{\text{ДСКР}}, \quad (7)$$

где $f_{\text{ДСКР}} = 500$ Гц.

Из (6) и (7) вычисляется угол, для малых значений которого справедливо выражение

$$\Psi_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2f_{\text{ДСКР}}}{f_D}}. \quad (8)$$

Из (8) следует

$$\Psi_{\text{max}} = 0,2 \text{ рад} = 8,1 \text{ град}, \quad (9)$$

и с учетом ширины диаграммы направленности антенны ($\Psi_{\text{дн}} = 8$ град) выбирается значение оптимального отклонения антенны от оси ЛА

$$\Psi_{\text{опт}} = 5 \text{ град}, \quad (10)$$

что дает возможность обнаруживать объекты, находящиеся в диапазоне углов 8 град (от 1 до 9 град) относительно оси ЛА с дискретизацией $\Delta f_{\text{СП}}$ спектра по частоте

$$\Delta f_{\text{СП}} = 8 \text{ Гц}. \quad (11)$$

Расстояние траектории ЛА относительно усредненной линии берега составляет при этом 1,5 км, что обеспечивает дальность D пересечения линии берега лучом ЛА около 15 км, а дальность начала зоны обнаружения $D_{\text{НО}}$, из расчета 17 квантов дальности по 300 м, устанавливается при этом в соответствии с выражением

$$D_{\text{НО}} = 12,5 \text{ км}. \quad (12)$$

Вычисленные в (10) и (12) значения угла отклонения антенны и дальности

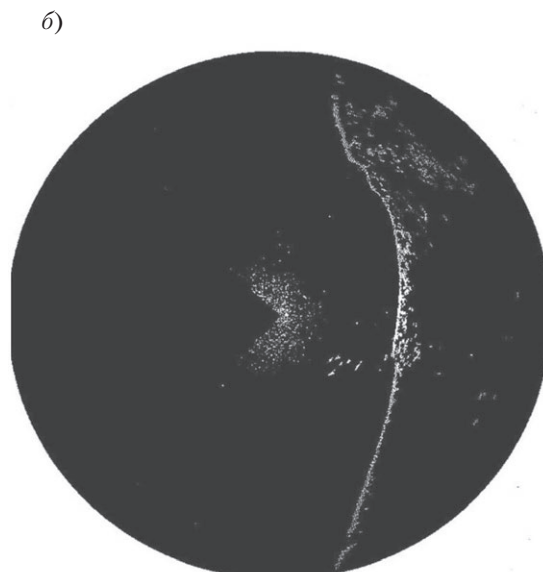
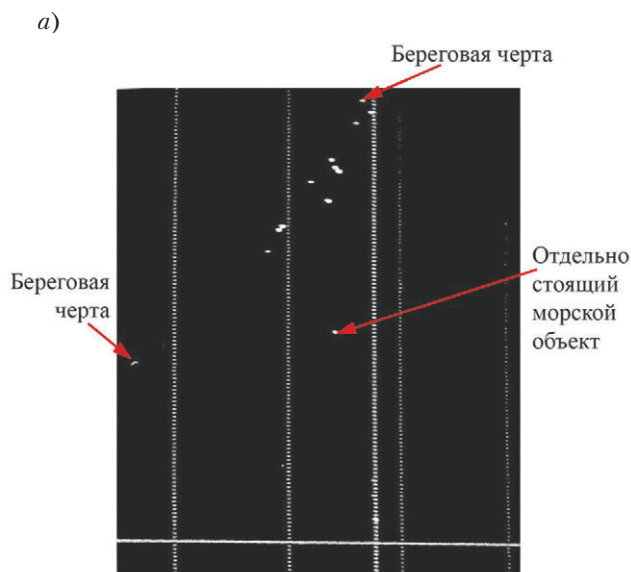


Рис. 4. Береговая черта при использовании в качестве зондирующего сигнала: а – ФМ импульс; б – сигнал АФМ (квазинепрерывный сигнал)

начала зоны обнаружения устанавливаются в управляющей программе РЛВ и обеспечивают размер ΔZ элемента разрешения по боковому отклонению

$$\Delta Z \approx 65 \text{ м.} \quad (13)$$

Важным вопросом идеологии решения задачи является также выбор типа зондирующего сигнала. Он должен обеспечить идентификацию береговой черты и создать возможность обнаружения и селекции объекта, находящегося у берега на расстоянии элемента разрешения (13) или несколько дальше.

Известно, что использование ФМ импульса большой длительности в качестве зондирующего сигнала приводит к фрагментации береговой черты, разделению ее на отдельно обнаруживаемые блестящие точки на экране индикатора (рис. 4). На рис. 4, а представлен пример береговой черты массива Кара-Даг у поселка Коктебель в Крыму. Радиолокатор при этом находится у поселка Солнечная долина на берегу морской акватории (ориентировочно 1960–1965 гг.).

Идентификация такого изображения береговой черты практически невозможна даже с помощью опытного оператора с высоким интеллектом. В то же время использование квазинепрерывного ФМ сигнала (рис. 4, б) дает удовлетворительное отображение береговой черты (Калининград, РЛС «Гарпун-Бал»). Идентификация же такого представления береговой черты возможна автоматически алгоритмом, использующим критерий связности отдельных точек изображения.

В типичных РЛВ реализован аналог квазинепрерывного сигнала, представляющего собой сигнал с амплитудно-фазовой манипуляцией (АФМ). Указанный сигнал принимается в качестве зондирующего импульса при решении поставленной задачи обнаружения объектов у береговой черты.

Обнаружение объектов, включая береговую черту, по спектру эхосигнала в каждом кванте дальности целесообразно выполнять с помощью часто применяемых алгоритмов обнаружения локальных максимумов спектра. Существенным моментом, влияющим на качество подобных алгоритмов, является корректный выбор порогов обнаружения.

При этом первоначальный порог Pr обнаружения полезного сигнала должен быть установлен по шумовому фону спектра, и после объединения спектральных квадратур на уровне вероятности ложной тревоги $F_{\text{лт}} = 10^{-3}$ определяется выражением (для закона распределения Релея–Райса) [3]

$$Pr = \sqrt{14} \cdot \sigma_{\text{мш}}, \quad (14)$$

где $\sigma_{\text{мш}}$ – среднеквадратическое значение шума в квадратурных каналах ЦСФ.

В то же время при наличии в спектре пиков полезного сигнала с амплитудой модуля Z_M для исключения влияния на результат боковых лепестков спектра полезного сигнала целесообразно повышать порог обнаружения до величины

$$Pr = Z_M / 8. \quad (15)$$

КРИТЕРИИ СВЯЗНОСТИ ДЛЯ БЕРЕГОВОЙ ЧЕРТЫ И КЛАССИФИКАЦИИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

Для успешного обнаружения морских объектов вблизи берега одним из наиболее важных условий является распознавание береговой черты среди многочисленных объектов, обнаруживаемых визиром РЛВ.

Сложность такого распознавания связана с принципиальным свойством дискретизации или фрагментации обнаруживаемых объектов по дальности и по номеру частоты спектральной составляющей (эквивалентному угловой координате).

На основе выбранных в предыдущем разделе значений оптимального угла $\Psi_{\text{опт}}$ отклонения антенны, дискрета $\Delta f_{\text{сп}}$ спектра по частоте и, задавая некоторый дискрет по дальности ΔR , можно рассчитать усредненное смещение береговой черты (в дискретах частоты) при смещении ее на один дискрет по дальности

$$\Delta Z = \Delta R \cdot \text{tg}(\Psi_{\text{опт}}). \quad (16)$$

Указанное боковое смещение при расстоянии до ЛА R соответствует угловому приращению

$$\Delta \Psi = \arctg \frac{\Delta Z}{R} \quad (17)$$

и приращению частоты

$$\begin{aligned} \Delta f_1 &= f_{\text{опт}} (\cos(\Psi_{\text{опт}}) - \cos(\Psi_{\text{опт}} + \Delta \Psi)) = \\ &= f_{\text{опт}} \cdot 2 \sin\left(\Psi_{\text{опт}} + \frac{\Delta \Psi}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\Delta \Psi}{2}\right), \end{aligned} \quad (18)$$

где $f_{\text{опт}}$ – доплеровское смещение частоты в направлении угла $\Psi_{\text{опт}}$, которое определяется выражением, аналогичным (6), и составляет

$$f_{\text{опт}} = 49810 \text{ Гц} \quad (19)$$

(для скорости ЛА $V = 800 \text{ м/с}$).

Расчеты по приведенным выражениям, включая (17), для характерного в режиме обнаружения значения $\Delta R = 300 \text{ м}$ приводят к следующему результату:

$$\Delta f_1 = 7,6 \text{ Гц.} \quad (20)$$

Следует отметить, что результаты расчета имеют ориентировочный характер из-за неровностей береговой черты, а также вследствие того, что скорость ЛА (19) может существенно снижаться в воздушной среде (до 15–20%). Кроме того, положение «блестящих» точек береговой черты может не совпадать в точности с дискретами отсчета как по дальности, так и по частоте.

Учитывая изложенное, а также то обстоятельство, что смещение частоты (20) близко совпадает с дискретом частоты (11), могут быть приняты следующие критерии связности для береговой черты и морских объектов у берега (рис. 5).

Два объекта считаются связанными и образующими береговую черту, если они находятся в соседних квантах дальности NKV и более дальний объект сдвинут относительно ближнего объекта не более чем на один дискрет по частоте NSP в сторону уменьшения частоты (от ЛА) или не более чем на два дискрета по частоте NSP в сторону увеличения частоты (к ЛА) (вариант А).

Допускается пропуск одного кванта дальности между объектами. При этом два объекта считаются связанными и образующими береговую черту, если более дальний объект сдвинут относительно ближнего объекта не более чем на один дискрет по частоте NSP в сторону уменьшения частоты (от ЛА) или не более чем на три дискрета по частоте NSP в сторону увеличения частоты (к ЛА) (вариант Б).

Необходимо еще добавить, что за береговой чертой на суше могут быть обнаружены радиоконтрастные объекты, как одиночные «блестящие» точки, так и «блестящие» точки, удовлетворяющие критерию связности. Указанные объекты, частотная координата NSP которых меньше аналогичной координаты береговой черты, должны быть исключены из рассмотрения по мере прохождения

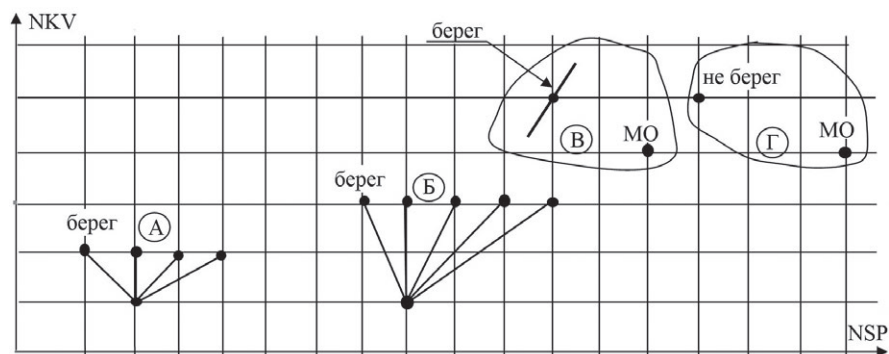


Рис. 5. Критерии связности для береговой черты и морских объектов у берега

алгоритмом селекции соответствующих квантов дальности NKV.

С учетом изложенного критерия связности для береговой черты может быть принят критерий классификации обнаруженного объекта в качестве морского объекта. Указанный критерий основан на сравнении спектральных координат объектов, обнаруженных в соседних квантах дальности (предыдущего и последующего).

В качестве морского объекта может быть классифицирован объект из предыдущего кванта дальности, спектральная координата NSP которого превышает максимальную спектральную координату объектов, обнаруженных в следующем кванте дальности. При этом, если указанный объект в следующем кванте дальности имеет признак береговой черты, то превышение спектральной координаты классифицируемого объекта должно составлять не менее двух дискретов спектра (вариант В).

В случае, если объект в следующем кванте дальности с максимальной спектральной координатой не имеет признака береговой черты, то превышение спектральной координаты классифицируемого объекта должно составлять не менее трех дискретов спектра (вариант Г).

Изложенные принципы и проведенные оценки параметров могут быть положены в основу алгоритмов селекции береговой черты и морских объектов в непосредственной близости от нее. Важной задачей при создании алгоритмов работы РЛБ по морским объектам у береговой черты является перевод номера спектральной составляющей обнаруженного сигнала в угловую величину. Для иллюстрации на рис. 6 представлена схема движения ЛА на заключительном участке маршрута.

Изделие движется вдоль берега под углом $FY0$ к основной плоскости движения OX со скоростью VR . Антенна отклонена в сторону берега на угол Ψ_A от оси ЛА ($\Psi_A = 5^\circ$), вектор скорости сближения ЛА с берегом в среднем направлении луча обозначен $VR1$. В классических задачах обнаружения и сопровождения объектов для компенсации собственного движения ЛА в направлении $VR1$ вычисляются две корректирующие поправки: период доплеровской частоты TD и интервал коррекции дальности $T_{кор}$. В отличие от классических алгоритмов, для рассматриваемого режима вычисляется период максимальной доплеровской частоты TD для компенсации доплеровского смещения в направлении скорости VR :

$$TD = \frac{\lambda}{2(VR)}. \quad (21)$$

Объект, расположенный на угловом расстоянии F от вектора скорости VR ,

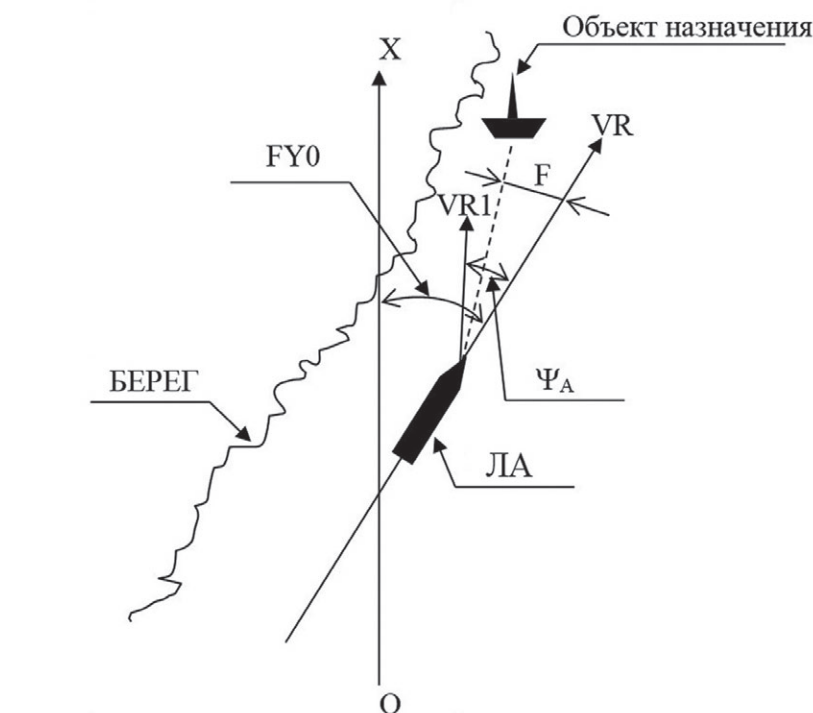


Рис. 6. Схема движения ЛА на заключительном участке маршрута

имеет меньшую частоту доплеровского смещения на величину

$$\Delta f = (1 - \cos F) \cdot \frac{1}{TD}. \quad (22)$$

В спектре, формируемом функцией БПФ, эта разность с учетом шага спектра $\Delta f_{сп}$ определяется выражением

$$\Delta f = \Delta f_{сп} (63 - NSP), \quad (23)$$

где NSP – номер спектральной составляющей.

Учитывая справедливость для малых углов выражения

$$1 - \cos F = 0,5F^2, \quad (24)$$

где угол F выражен в радианах, из выражений (22)–(24) можно получить следующее выражение для угла F :

$$F = \sqrt{2 \cdot \Delta f_{сп} \cdot TD (63 - NSP)}. \quad (25)$$

Для широко используемых значений цены младшего разряда: ЦМР (TD) = $1/128$ мкс, ЦМР (F) = $0,005493$ град, $\Delta f_{сп} = 8$ Гц, выражение (22) принимает следующий вид:

$$F = 3,688 \sqrt{TD (63 - NSP)}. \quad (26)$$

В соответствии с изложенными принципами селекции алгоритм работы РЛБ по морским объектам, вблизи береговой черты может отобрать формулы, принадлежащие морским объектам, и вычислить угол направления на объект в соответствии с выражением (25) для перехода к его сопровождению.

СЕЛЕКЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Изложенные выше положения в значительной степени проверены и

удовлетворительно работают по морским объектам у береговой черты в случае, когда они неподвижны. В то же время в случае, когда указанные морские объекты движутся, метод ДОЛ может давать существенные ошибки. Эти ошибки возникают из-за того, что к доплеровскому смещению частоты, обусловленному движением ЛА, добавляется доплеровский эффект от собственного движения объекта. Это может приводить к неправильному измерению угловых координат объекта и к невозможности его сопровождения. Для решения указанной проблемы целесообразно использовать информацию разностного канала, который традиционно функционирует в РЛБ для ЛА.

Эффективность моноимпульсной пеленгации цели для ее углового сопровождения хорошо известна [4]. При этом классический алгоритм вычисления углового отклонения U_ψ принимаемого сигнала от оси радиолокатора определяется выражением

$$U_\psi = \frac{\bar{U}_\Sigma \cdot \bar{U}_A}{|U_\Sigma|^2}, \quad (27)$$

где в числителе стоит произведение векторов сигналов U_Σ и U_A в суммарном и разностном каналах, соответственно. В знаменателе – квадрат модуля сигнала в суммарном канале, выполняющий функцию нормировки величины U_ψ .

При переходе на фазоманипулированный зондирующий сигнал со сжатием эхосигнала в цифровых согласованных фильтрах с использованием квадратурных каналов для упрощения

алгоритма выражение (27) преобразуется к следующему виду:

$$U_{\psi} = \frac{\Delta \sin}{\Sigma \sin} + \frac{\Delta \cos}{\Sigma \cos}, \quad (28)$$

где $\Delta \sin$ и $\Delta \cos$ – квадратурные составляющие сигнала в разностном канале; $\Sigma \sin$ и $\Sigma \cos$ – составляющие сигнала в суммарном канале.

Источником ошибок полученной оценки U_{ψ} являются сигналы разностного канала, находящиеся в числителях выражения (28), и можно показать, что минимизация этих ошибок достигается при равенстве знаменателей, которое, в свою очередь, достигается при повороте вектора суммарного канала на угол, соответствующий результирующей фазе ϕ суммарного канала:

$$\phi = \pi / 4. \quad (29)$$

При этом вектор сигнала разностного канала должен быть повернут на угол, равный углу поворота вектора сигнала суммарного канала.

Изложенные результаты используются, как правило, при моноимпульсном сопровождении объектов в открытой части акватории для оценки углового отклонения принимаемого сигнала от оси РЛВ.

В случае работы с морскими объектами, находящимися в непосредственной близости от берега, оптимальная оценка углового отклонения принимаемого сигнала может быть получена с помощью выражения, аналогичного (28), но с использованием квадратур спектра: $\text{Re } \text{sigm}(i)$ и $\text{Im } \text{sigm}(i)$ i -й спектральной составляющей суммарного канала, в которой обнаружен эхосигнал, и квадратур $\text{Re } \text{del}(i)$ и $\text{Im } \text{del}(i)$ соответствующей спектральной составляющей разностного канала:

$$U_{\psi} = 0,5 \left(\frac{\text{Re } \text{del}(i)}{\text{Re } \text{sigm}(i)} + \frac{\text{Im } \text{del}(i)}{\text{Im } \text{sigm}(i)} \right). \quad (30)$$

При этом поворот векторов спектральной составляющей в суммарном и разностном каналах целесообразно проводить при вычислении оценки (30) для выполнения условия (29). Приблизительный вид зависимости

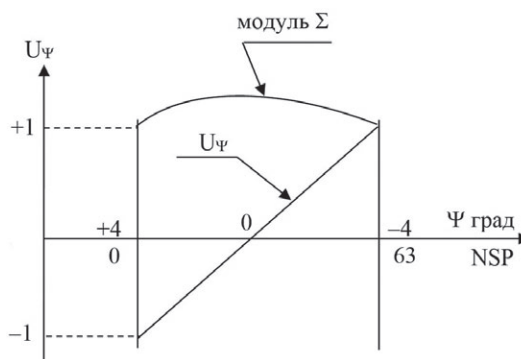


Рис. 7. Вид зависимости оценки U_{ψ} углового дискриминатора от угла Ψ и номера NSP спектральной составляющей

оценки U_{ψ} углового дискриминатора от угла Ψ и номера NSP спектральной составляющей для реальных РЛВ представлен на рис. 7. Там же представлен сигнал суммарного канала (модуль Σ), изменяющийся незначительно в пределах диаграммы направленности антенны:

$$\Psi = \pm 4^{\circ}. \quad (31)$$

Сигнал U_{ψ} в зависимости от NSP (см. рис. 7) имеет следующие значения

NSP	0	31	63
U_{ψ}	-1	0	+1

В соответствии с рис. 7 действительное место обнаруженного сигнала на шкале номеров спектральных составляющих NSP определяется выражением

$$\text{NSP} = 32 + 32 \times U_{\psi}. \quad (32)$$

При этом значение NSP, на котором обнаружен сигнал в суммарном канале, соответствует скорости объекта, а не его угловому положению.

Представленные зависимости между параметрами, влияющими на работу РЛВ по морским объектам, и предложенные пути решения основных задач РЛВ позволяют реализовать алгоритмы, обеспечивающие приведение ЛА к морским объектам, включая и объекты, находящиеся в непосредственной близости от береговой черты, что повышает эффективность работы РЛВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подоплёкин Ю.Ф., Ицкович Ю.С. Концептуальный облик перспективных бортовых радиолокационных визиров для приведения беспилотных летательных аппаратов к объектам назначения // Изв.РАРАН. – 2016. – №3 (93).
2. Александров А.А., Ермолина М.А., Ицкович Ю.С., Новиков П.А. Приведение БПЛА к радиоконтрастным объектам в режиме синтеза апертуры антенны бортового радиолокатора. – Тр. Всеросс. науч.-техн. конф. «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами». – М.: Раменское, 2012, с. 52–58.
3. Абезгауз Г.Г. и др. Справочник по вероятностным расчетам. – М.: ВИМО СССР, 1966.
4. Свиридов Э.Ф. Сравнительная эффективность моноимпульсных радиолокационных систем пеленгации. – Л.: Судостроение, 1964.
5. Коржавин Г.А., Симановский И.В., Ицкович Ю.С. Принципы построения перспективных радиолокационных визиров // Морская радиоэлектроника. – 2015. – №4 (54).
6. Carra Walter G., Goodman Ron S., Majewsky Ronald M. Spotlight Synthetic Aperture Radar (Signal Processing Algorithm). Archtec House, 2008.
7. Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging with MATLAB Algorithms. Carner Ozdemir. Wiley, 2012.
8. Melvin W., Scheer J. Principles of modern radar. Advanced techniques// SciTech. – 2013. – Vol. 2.
9. Stewen M Kay. Fundamentals of Statistical Signal Processing. Detection Theory// Prentice Hall. – 1998. – Vol. 2. ■

Аля обеспечения единого управления военными силами и средствами в Арктической зоне (от Мурманска до Анадыря) 1 декабря 2014 г. в России было создано отдельное объединенное стратегическое командование (ОСК) Северного флота (иногда используется термин Арктические войска). В состав командования переданы не только части Северного флота (СФ), но также некоторые части и подразделения, подконтрольные Западному военному округу, в который входил СФ, а также Центрального и Восточного военных округов [1].

ОСК «Северный флот» расположен за полярным кругом и располагает сухопутным, авиационным и военноморскими компонентами.

1 декабря 2015 г. в составе ОСК «Северный флот» сформирована 45-я армия ВВС и ПВО СФ. Всего в Арктике должно быть восстановлено и построено 13 аэродромов (в том числе Тикси, Нарьян-Мар, Алыкель (Норильск), Амдерма, Анадырь, Рогачёво, Нагурское), авиационный полигон и 10 технических позиций радиолокационных отделений и пунктов наведения авиации [1].

Появление новых задач по освоению и защите российской части Арктики, а также систем вооружения и техники приводят к необходимости совершенствования форм и способов гидрометеорологического обеспечения (ГМО). ГМО в Арктическом регионе (АР) организуется и осуществляется в целях повышения эффективности действия сил (войск), применения оружия и использования технических средств, обеспечения безопасности плавания и стоянки кораблей, полетов летательных аппаратов (ЛА), правильной оценки и учета влияния гидрометеорологических условий (ГМУ) в интересах выработки и принятия решений на всех уровнях управления силами, предупреждения об опасных и стихийных гидрометеорологических явлениях (ОЯ и СГЯ) [2].

Арктика по своим климатоформирующим факторам является уникальным регионом. Она связана с круглогодичным существованием ледяного покрова; наличием полярных дня и ночи; высоким альбедо снежно-ледовой поверхности; критически низкими температурами; внутригодовой изменчивостью облачности с минимумом в темное время года и максимальными значениями в светлый период; преимущественно инверсионной стратификацией атмосферы, блокирующей вертикальный воздухообмен; теплым воздействием океана; большим пресным стоком воды от тающего льда и рек, блокирующим вертикальное перемешивание в океане и другими факторами.

Анализируя ГМУ Арктического региона, необходимо отметить особеннос-

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Н.Н. Жильцов, зам. начальника Научно-исследовательского управления гидрографии, геофизики и гидрометеорологии,

В.П. Свиридов, заслуженный метеоролог РФ, начальник отдела гидрометеорологии,

П.И. Малеев, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник, АО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. +7 (960) 283 2609

ти его ГМО (по сравнению с другими климатическими районами), которые определяются следующими факторами:

- активными атмосферными процессами;
- сложными и часто неблагоприятными ГМУ (сильный ветер, метели, туманы, низкая облачность, гололедные явления, обледенение);
- наличием ледяного покрова;
- низкой температурой воздуха и воды;
- особыми условиями освещенности.

При планировании и осуществлении фактических действий сил и средств в АР необходимо учитывать степень влияния гидрометеорологических факторов в четырех средах: в ближнем космосе, атмосфере, над водой с учетом ледовых условий и под водой.

Военно-морской флот – единственный из видов Вооруженных Сил включает в себя различные виды вооружения: надводные корабли, подводные лодки, береговые ракетно-артиллерийские части, морскую пехоту, а также авиацию ВМФ.

Одной из важнейших составных частей ВМФ в этом регионе являются морские стратегические ядерные силы (МСЯС), основой которых являются ракетные подводные лодки стратегического назначения (РПЛСН) [1]. Поэтому особенно важно обеспечить скрытность их действий.

Наряду с чрезвычайно сложными ГМУ, ограничивающими возможности использования сил и средств ВМФ в Арктике, существенным фактором, влияющим на их действия, является круглогодичное наличие ледяного покрова. Зимой 9/10 площади Северного Ледовитого океана (СЛО) покрыто дрейфующими льдами, в том числе и многолетними (толщина до 4,5 м), и припаем (в прибрежной зоне). Общий объем льда составляет около 26 тыс. км³ [3–5].

Исходя из анализа климатических условий операционных зон флота в АР, можно сделать вывод о том, что при нахождении МСЯС под дрейфующим

морским льдом СЛО и северной части Тихого океана действия надводных противолодочных сил и морской авиации противника практически исключается. Такая ситуация, вполне естественно, должна учитываться при стратегическом и оперативном развертывании МСЯС в период непосредственной угрозы агрессии и военный период. Однако необходимо отметить, что скрытность МСЯС подо льдами существенно снижает боевые возможности РПЛСН по применению оружия, организацию каналов связи и получение сигналов боевого управления.

Плавание РПЛСН подо льдами в АР требует специального ГМО, в ходе которого разрабатываются ледовые прогнозы, позволяющие предсказывать районы разводий и полыней, их количество и ориентацию. В этих районах наблюдается максимальная вероятность возникновения благоприятных условий для возможного продавливания льда РПЛСН с целью последующего пуска ракет. Однако изменчивость ледовых условий требует постоянного уточнения их прогнозов.

Наиболее тяжелые условия в АР складываются для надводных кораблей, так как сложные ледовые условия и низкие отрицательные температуры воздуха, а также магнитные бури и полярные сияния ограничивают применение их оружия и радиотехнических средств. Плавание в осенне-зимний период надводных кораблей и судов в АР возможно в основном при ледокольной проводке. Исключение составляет Баренцево море, южная часть которого наиболее благоприятна для плавания надводных кораблей (судов) и применения ими оружия, а также Норвежское и Гренландское моря. Плавание одиночных кораблей и конвоев в настоящее время возможно по Северному морскому пути (СМП) только под ледокольной проводкой при обеспечении авиационной ледовой разведки или спутниковыми данными дистанционного зондирования Земли, наиболее благоприятный период август–сентябрь.

Важное место при анализе ледовых условий занимает определение пригодности ледовых трасс для передвижения войск, грузов, организации ледовых причалов, аэродромов и переправ.

При использовании гидроакустических средств специфические условия Арктики (мелководье, особенности поглощения и отражения гидроакустических сигналов в воде и дном, таяние и шум льдов, их дрейф и другие факторы) затрудняют достоверное прогнозирование дальности обнаружения подводных объектов, траектории распространения звуковых лучей и зон акустической освещенности для корабельных и стационарных гидроакустических систем. Все это свидетельствует о том, что ледяной покров оказывает определяющее и многоплановое влияние на эффективность деятельности Северного флота в Арктике.

Помимо характеристик ледовых условий в АР необходимо учитывать гидрологические условия арктических морей, которые характеризуются низкой температурой воды, близкой к температуре замерзания. Даже в летний период температура арктических морей, за исключением юго-западной части Баренцева моря, не превышает 2–3 °С. Распределенный поверхностный слой воды препятствует развитию процессов конвективного перемешивания. Замкнутость бассейна, наличие антициклонического вихря способствуют накоплению многолетнего льда в Канадском секторе Арктики. Трансарктическое течение способствует выносу льдов, образовавшихся в арктических морях сибирского шельфа в Гренландское море. Кроме того, необходимо учитывать также наличие районов с большими приливными и стонно-нагонными колебаниями уровня и районов с очень высокими скоростями течений.

В АР осложнено также использование как корабельной авиации, так и берегового ее базирования, особенно в осенне-зимний период. ГМУ оказывают существенное влияние на взлет, посадку и полеты ЛА, их боевое применение, состояние аэродромов, эксплуатацию средств обеспечения полетов и на работу личного состава.

Использование авиации в полярных районах в настоящее время определяется Федеральными авиационными правилами полетов в воздушном пространстве Российской Федерации (ФАПП) [6] и Федеральными авиационными правилами производства полетов государственной авиации (ФАППП ГА) [7]. В соответствии с требованиями этих документов полеты в полярных районах относятся к полетам в особых условиях, организуются и выполняются с учетом физико-географических и метеорологи-

ческих условий этих районов, а также особенностей самолетовождения в них:

- из-за недостаточности естественных и искусственных ориентиров;
- из-за частых изменений метеорологических условий;
- из-за продолжительности полярного дня (ночи);
- из-за низких температур воздуха.

В осенне-зимний период возможно использование авиации с ледовых и заснеженных аэродромов. К особенностям применения ЛА с этих аэродромов, а также необорудованных (для использования авиации) территориях относится то, что при посадке и взлете снег может быть поднят в воздух, а это сильно ухудшает видимость и может привести к потере ориентации в пространстве, что неоднократно являлось причиной авиационных происшествий и авиационных инцидентов.

Поэтому применение авиации в АР возможно только при качественном анализе гидрометеорологической обстановки.

Ко всему вышеизложенному гидрометеорологическая информация (ГМИ) в АР характеризуется весьма ограниченным объемом. Анализ гидрометеорологической обстановки в Арктике, особенно в ее центральных районах затруднен из-за отсутствия наблюдательной гидрометеорологической сети.

Перечисленные особенности ГМУ в Арктическом регионе свидетельствуют о необходимости максимально полного их учета для эффективного применения сил и средств ВМФ.

В соответствии с федеральным законом от 19.07.98 г. № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе» и другими нормативными правовыми актами Российской Федерации вся система ГМО Вооруженных Сил (ВС) базируется на использовании информационной продукции о состоянии окружающей среды, главным образом, от наблюдательной сети Росгидромета. Виды и условия предоставления информации Росгидромета регулируются Постановлением Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. № 1425 «Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды» и определяются специальными соглашениями Росгидромета и ВС Российской Федерации о ГМО их деятельности.

Специализированная ледовая информация для ГМО ВМФ подготавливается в ААНИИ Росгидромета и передается в 373-й Центр ВМФ, который доводит ее до Гидрометцентров (ГМЦ) флотов.

Специализированное ледовое обеспечение ВМФ осуществляется Автоматизированной ледово-информационной

системой для Арктики (система «Север») с центром в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) для мониторинга ледовых и гидрометеорологических условий и оперативного ГМО деятельности ВМФ и мореплавания в Арктике.

Схема информационных потоков ледовой информации в системе «Север», первая очередь которой введена в опытную эксплуатацию в ААНИИ в 1986 г., представлена на рис. 1.

Кроме этого, в процессе сбора и анализа ледовой обстановки в Арктике используются информация администрации СМП, а также от метеорологических искусственных спутников Земли (МИСЗ).

Среди мероприятий по ГМО в Арктическом регионе важную роль играет проведение гидрометеорологической ледовой разведки (ЛР). ЛР проводится специально выделяемыми или привлекаемыми силами флота (самолетами 45 армии ВВС и ПВО).

В современных условиях перехода к сетевидной форме управления ВС РФ (в рамках единого информационно-управляющего пространства), структура ледового обеспечения ВС РФ не удовлетворяет содержанию и объему требуемой информации. Главной проблемой ГМО является несоответствие между возрастающим спросом в АР на гидрометеорологическую и другую информацию о состоянии окружающей среды, с одной стороны, и недостаточностью технической, технологической и кадровой базы, с другой.

В АР в настоящее время требуется от гидрометеорологического обеспечения более высокий уровень эффективности и по пространственному охвату, и по уровню точности и детальности предоставляемой ГМИ. Эти обстоятельства ведут к необходимости дополнения существующей системы ГМО принципиально новыми элементами, позволяющими обеспечить требуемый уровень качества выдаваемой информации.

Для ГМО эффективных действий сил флота требуется, по нашему мнению, создание собственной наблюдательной сети, прежде всего, для выполнения специальных задач в Арктике. Необходимо осуществлять спутниковый и авиационный мониторинг ледового покрытия в Арктике. На основе получаемых данных, организовывать оперативное обеспечение органов военного управления и сил ОСК «Северный флот» данными о ледовой обстановке в АР. Также необходимо создавать модели ледового поля высокого разрешения в этом районе - для заблаговременного прогнозирования ледовых условий в операционной зоне сил флота. Решение этих задач может быть реализовано развертыванием специализиро-

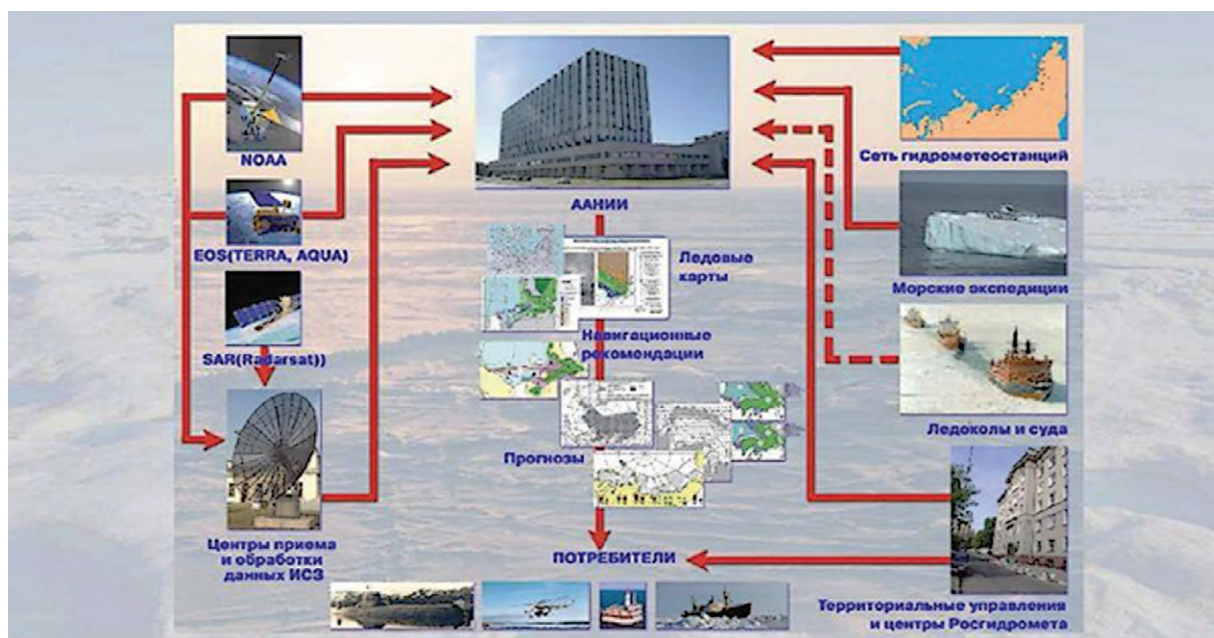


Рис. 1. Схема информационных потоков в системе «Север»

ванных океанологических спутниковых систем, оснащенных интерферометрическими радиолокаторами бокового обзора, обеспечивающими измерения высоты ледовой поверхности над уровнем моря в полосе захвата более 120 км с дискретностью отсчета высот с площадок размером не более 1×1 км. Получаемые данные позволят решать задачи определения толщины льда. Для определения положения разводий и скорости дрейфа льда космические аппараты (КА) специализированной океанографической спутниковой системы или беспилотные ЛА необходимо оснастить радиолокатором с синтезированной апертурой.

Также для эффективного решения проблемы обеспечения океанографической информацией в Арктике необходимо развертывание в операционных зонах ОСК «Северный флот» сети ледовых буев с набором датчиков для измерения распределения по глубине параметров состояния морской среды и возможностью передачи данных измерений по спутниковым телеметрическим каналам связи.

Для сбора такой комплексной ледовой информации должна быть организована соответствующая инфраструктура наблюдения, приема и обработки данных, разработаны модели состояния морской среды, гидроакустической и ледовой обстановки.

Учитывая недостаточность сил и средств у существующей гидрометеорологической службы ОСК «Северный флот», для выполнения полноценного гидрометеорологического (ледового) обеспечения ВМФ, по всей Арктике необходима организационная, техническая и технологическая модернизация всех гидрометеорологических подразделений.

Коммерциализация услуг Росгидромета – переход его от постоянного ГМО деятельности по ледовому обслуживанию к эпизодическому оказанию платных услуг отдельным потребителям, привела к ситуации, при которой в настоящее время регулярное гидрометеорологическое ледовое обеспечение, имеющимися силами и средствами Росгидромета в требуемом объеме затруднено. На правительственном уровне в сложившейся ситуации единственным выходом из создавшегося положения является учреждение единого постоянно действующего государственного органа, обеспечивающего участников экономической деятельности и ВС РФ реальными сведениями о ледовом, гидрометеорологическом и экологическом состоянии в Арктике и несущих полную ответственность за последствия своей деятельности.

Это позволит осуществить полноценное и всеобъемлющее гидрометеорологическое обеспечение по важному для России региону – Арктике.

Без учета особенностей влияния среды на силы и средства ВМФ построение эффективной системы функционирования системы ГМО в Арктике невозможно.

Выводы

1. В последние годы существенно возросло значение Арктического региона как для обороны, так и экономики страны.

2. Эффективное решение возникших новых задач в этом регионе возможно лишь при максимально полном учете гидрометеорологических условий.

3. В интересах совершенствования гидрометеорологического обеспечения в АР необходима организационная, техническая и технологическая модерниза-

ция всех гидрометеорологических подразделений ОСК «Северный флот», а также создание единого постоянно действующего государственного органа.

Литература

1. ОСК «Север» [Электронный ресурс]. – URL: <https://structure.mil.ru>.
2. Адамович О.Р., Терез Д.С., Лабутин С.Ф., Микавадзе С.Г., Филонов Л.И. Организация навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения боевых действий сил флота. – СПб.: ФГКВООУ Высшего профессионального образования «ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», 2016. – 362 с.
3. Романов И.П. Ледяной покров Арктического бассейна. – Л.: Изд. ААНИИ, 1991. – 211 с.
4. Российско-американский атлас по морскому льду, 2001. URL: <http://www.aari.pw.ru>.
5. Руководство для сквозного плавания судов по Северному морскому пути. – СПб: Изд. ГУНиО МО РФ, 1995. – адм. № 4151 – 212 с.
6. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации: федеральные правила. Утв. приказом Министра обороны РФ № 136 - приказом Министра транспорта РФ от 31 марта 2002 г. № 42 – приказом генерального директора Российского авиационно-космического агентства от 24 сентября 2004 г. № 51. – М.: Воениздат, 2004. – 96 с.
7. Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации: федеральные правила. Утв. приказом Министра обороны РФ, приказом Министра транспорта РФ от 31 марта 2002 г. (Правила утв. приказом Министра обороны РФ № 275. – М.: Воениздат, 2004. – 224 с. ■

К началу 90-х гг. прошлого века в России была создана научная и экспериментальная база, которая, несмотря на продолжительный экономический кризис, сохранилась до настоящего времени и может быть использована для разработки и строительства новых экранопланов. Важнейшими задачами сегодня являются организация системной работы в области строительства экранопланов путем объединения усилий различных судостроительных предприятий и проектных организаций, а также привлечение частных инвесторов.

Высокую активность по разработке и строительству новых экранопланов проявляют Южная Корея, США, Китай, Япония и другие страны. В России в настоящее время, несмотря на ряд трудностей, появляются отдельные перспективные решения по созданию экранопланов, в том числе для круглогодичного использования в северных районах.

Согласно международной классификации экранопланы относятся к морским судам и рассматриваются не как самолеты, которые могут плавать, а как суда, которые способны летать.

В работе рассматриваются проблемы применения экранопланов на транспортном рынке для транспортировки грузов и пассажиров с учетом интенсивного судоходства на отдельных акваториях Мирового океана и в условиях транспортных перевозок в Арктике, а также как скоростного водного транспорта будущего, способного увеличить и качественно изменить морские грузопотоки. Наиболее перспективным направлением их использования является создание субевразийского транспортного моста между бурно развивающимся Азиатско-Тихоокеанским регионом (АТР) и Европой посредством скоростной морской транспортной системы (СМТС) с использованием Северного морского пути.

Кроме того, составлена концептуальная картина выбора перспективных направлений создания и совершенствования экранопланов, а также предпосылок создания скоростных морских транспортных систем с их использованием.

В последнее время во всем мире резко повысился интерес к Арктике. Такое повышенное внимание связано, с одной стороны, с ресурсным потенциалом и транспортным значением Севера и Арктики, а с другой – с отсутствием признанной и нормативно оформленной демаркацией международных северных морских пространств и арктического шельфа. В соответствии с общепринятым географическим определением Арктикой считается район, расположенный севернее полярного круга (66°33' с.ш.), площадь которого составляет 21 млн. км². В пределах Арктики находятся территории, континентальные шельфы и исключительные экономические зоны восьми арктических государств: России, Канады, США (Аляска), Норвегии, Дании (Гренландия и Фарерские острова), Финляндии, Швеции и Исландии. Максимальную протяженность границ в Арктике имеет Россия.

Арктика чрезвычайно богата разнообразными минерально-сырьевыми, биологическими и другими видами природных ресурсов. По расчетам ученых, в Арктической зоне залегает более четверти мировых запасов углеводородов. Предполагается, что в российском секторе Арктики залегают наибольшие запасы нефти и газа, а наблюдающееся таяние льдов вследствие потепления делает реальными планы их освоения. Из 6,2 млн. км² российского шельфа предположительно запасами нефти и газа обладают 6 млн. км², т.е. почти вся его территория. По некоторым оценкам, в Арктической

«ЛЕДОВЫЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ» РОССИИ КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКРАНОПЛАНОВ В АРКТИКЕ

К.В. Грибов, канд. техн. наук, доцент кафедры кораблестроения и океанотехники Дальневосточного федерального университета,
Г.А. Федорев, ген. директор «Союзмортранс», руководитель секции «Экранопланостроение» РосНТО судостроителей
им. акад. А.Н. Крылова, Владивосток,
А.С. Знатков, председатель правления Дальневосточного отделения РосНТО судостроителей, Санкт-Петербург,
П.А. Шауб, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
С.В. Московкина, ст. науч. сотрудник,
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. (812) 271 6774

зоне России сосредоточена подавляющая доля общероссийских запасов золота (40%), нефти (40%), газа (80%), хрома и марганца (90%) и т.д.



Карта маршрутов в Северном Ледовитом океане с указанием Северо-Западного прохода и Северного морского пути

Практически на всей территории Арктики обнаружены месторождения каменного угля. Во многих арктических регионах Северной Америки и Европы уже несколько десятилетий разрабатываются месторождения цветных, благородных и редких металлов, в частности, золота и урана. Общая стоимость минерального сырья арктических недр превышает 30 трлн. долл.

Все это наряду с возможностью использования акватории Северного Ледовитого океана как транспортной артерии (рис. 1) привлекает сегодня к Арктике внимание неарктических азиатских государств. Пять из них: Индия, Китай, Республика Корея, Япония, Сингапур, в которых наблюдается устойчивый экономический рост и нарастающая потребность в энергоресурсах, явно заинтересованы в изучении региона и использовании его богатств. Особую активность проявляет Китай, который уже приступил к реализации регионального проекта Морского шелкового пути в XXI в., предложенного председателем КНР еще в октябре 2013 г. в Совете Народных Представителей Индонезии и в ходе 16-го саммита Китая и стран АСЕАН в Брунее.

Очевидно, что Морской шелковый путь станет главным и в то же время более успешным конкурентом российскому Северному морскому пути (СМП), так как, несмотря на наличие значительных конкурентных преимуществ СМП, заключающихся в первую очередь в сокращении сроков транспортировки грузов от 20 до 50% по сравнению с перевозками по Южному морскому пути через Суэцкий канал, в настоящее время он не вырабатывает свой потенциал. Поэтому, с одной стороны, очень важно использовать заинтересованность Китая как в южном, так и северном Шелковых путях. Напомним, что 26 мая 2017 г. в Москве министр иностранных дел Китая Ван И сказал, что Китай приветствует и поддерживает инициативу Ледового шелкового пути России, готов совместно с ней и другими странами разрабатывать арктический маршрут.

У КНР есть три ключевые концепции освоения региона. Первая представляет собой концепцию интернационализации Арктики как общего наследия человечества. Вторая основывается на географической близости Китая к Арктической зоне, которая дает ему особые права на отстаивание своих интересов в регионе. Третья предлагает создание Северного шелкового пути: контроль над Арктикой означает контроль над всей мировой экономикой, и в этом случае обе арктические артерии – Северный морской путь и Северо-Западный проход – становятся своеобразными «шелковыми путями» для транспортировки китайских товаров в Европу и Северную Америку.

Сегодня Китай сосредотачивает значительные ресурсы на развитии научных исследований, арктических экспедиций и строительстве ледоколов. Первый – «Снежный дракон» – в августе 2012 г. прошел СМП от Чукотского до Баренцева моря. Второй в настоящее время строится. Китай также заявил о намерении начать разработку технологий конструирования атомных судов для полярных исследований. Россия видит в Китае рынок сбыта своих углеводородов, которые планируется добывать в Арктике, и транзит грузов по СМП. По китайским прогнозам, к 2020 г. по этому пути будет проходить от 5 до 15% китайского внешнего грузопотока, большая часть в виде контейнерных перевозок. Известный китайский ученый Ли Чжэнфу говорил, что «тот, кто контролирует арктический путь, будет контролировать новый коридор в мировой экономике и международной стратегии», а Северный путь станет «осевым морским путем», соединяющим Тихий океан и Атлантику.

С другой стороны, России сегодня необходимо [1] в полной мере использовать конкурентный потенциал СМП посредством грамотной внутренней стратегии освоения территорий и правильной внешнеэкономической политики.

К основным направлениям государственной политики в данной связи можно отнести:

1. Развитие системы государственно-частного партнерства в области модернизации арктической инфраструктуры и улучшения технического оснащения Североморского флота, в том числе:

- финансирование строительства флота и модернизации арктической инфраструктуры из средств федерального бюджета;
- создание государственных механизмов стимулирования крупных компаний к развитию собственного флота.

2. Привлечение иностранных инвестиций и реализация совместных международных инвестиционных проектов развития инфраструктуры СМП, в том числе:

- активное взаимодействие со странами «Северного измерения»;
- реализация совместных инвестиционных проектов с заинтересованными азиатскими партнерами посредством системы совместных инвестиционных фондов.

3. Внедрение инновационных технических разработок российских ученых и инженеров, занимающихся повышением

эффективности использования СМП, в частности, использования транспортных систем на базе экранопланов.

Рациональное использование ресурсов Арктики и обеспечение потребностей проживающего здесь населения неразрывно связано с развитием и совершенствованием арктической транспортной инфраструктуры с учетом ее значительной зависимости от сезонных погодных условий, морального устаревания отдельных видов транспортных средств и далеко не полным их соответствием местным требованиям. При этом особое значение приобретает СМП. Открытый в середине 30-х гг. прошлого века СМП стал итогом многовекового освоения северных окраин России. В настоящее время этот маршрут является международным транспортным коридором и единственным межрегиональным путем завоза грузов в арктические районы российского Крайнего Севера. СМП также служит связующим звеном для культурного обмена народов, населяющих арктические районы, и играет важную роль в развитии и интеграции экономики. Вместе с тем сегодня в приполярной зоне наблюдается существенное отставание в области строительства опорных магистралей и узлов, а транспортные средства всех видов морально и физически устарели. Отмечается также недостаток техники, способной работать в экстремальных условиях [2]. В кризисном состоянии находится и авиация. Создававшаяся на протяжении десятилетий арктическая транспортная система СМП, куда входят морские порты, фарватеры, гидрометеорологические и гидрографические службы, экономически и технически сильно отстает от современного уровня.

Но потенциально СМП – более выгодный маршрут, нежели Суэцкий или Панамский каналы, поскольку этот маршрут существенно короче других транспортных евроазиатских коридоров (например, расстояние от Йокогамы до Роттердама по СМП – 7345 миль, через Суэцкий канал – 11 205 миль, а вокруг мыса Доброй Надежды – 15 875 миль, значение СМП заметно возрастает. На рейс требуется меньше топлива, меньше расходов на фрахт судна и оплату труда экипажа. За проход по СМП Россия не взимает плату в отличие от Египта и Панамы. Судну нет необходимости стоять в очереди, и этот регион свободен от пиратов. Главное препятствие установления интенсивной навигации – климат. Эти воды замерзают, и большую часть года судам на СМП требуется ледокольная проводка. Сейчас наиболее слабым местом СМП является состояние ледокольного и арктического транспортного флотов, а также северных арктических портов России.



Маршрут Йокогама – Роттердам

В результате рыночных преобразований после распада Советского Союза произошло резкое сокращение хозяйственной деятельности в российской Арктике и, как следствие, снижение грузопотоков вызвало кризис всей арктической транспортной системы, который коснулся пяти паромств и десяти портов морского флота, а также восьми паромств и шести портов речного флота. Однако ситуация начинает постепенно меняться. В настоящее время на территории Арктической зоны России реализуется более 160 мероприятий

и инвестиционных проектов. Их объем составляет порядка 1 трлн. руб. Арктика, с ее труднодоступными, но несметными богатствами и буферным положением между основными мировыми центрами, становится полигоном территориальной, ресурсной и военно-стратегической игры.

Ключевая роль в обеспечении надежного круглогодичного судоходства по СМП принадлежит ледокольному флоту. В настоящее время ледокольный флот обеспечивает экспорт апатита, цветных металлов, перевозку нефти, осуществляет выполнение программы северного завоза и т.д. Однако необходимо констатировать, что только за последние пять лет численность российского ледокольного флота сократилась в 5 раз, а состав морского транспортного флота, обслуживающего арктическую зону, более чем в 3 раза. Поэтому в судостроительной программе России до 2030 г. заложен приоритет развития арктического флота, несмотря на его высокую стоимость.

Наряду с водным транспортом необходимо дальнейшее развитие железнодорожного и автомобильного транспорта. Вместе с тем состояние транспортной инфраструктуры – одно из самых проблемных мест Арктики. Так, на 1000 км² территории Ненецкого автономного округа приходится лишь 0,32 км автодорог общего пользования с твердым покрытием, что в 114 раз меньше аналогичного показателя в целом по стране. Несмотря на то, что округ находится в европейской части России, не столь удален от основных экономических центров страны, здесь отсутствуют дороги, связывающие его с другими регионами. Единственный вид логистической связи – авиационный транспорт.

Кроме того, структура расселения в Арктике складывается из сети поселений, представленных постоянными городскими и сельскими населенными пунктами, вахтовыми и экспедиционными поселками, а также кочевыми стойбищами, связанными с традиционным образом жизни коренного населения. При этом в российской Арктике освоение территории осуществлялось путем строительства постоянных поселений, а в американском и канадском секторах – вахтовыми и экспедиционными поселками. Однако оба пути освоения арктических территорий имеют и положительные и отрицательные стороны. В любом случае сеть арктических населенных пунктов характеризуется крайней неустойчивостью, выражающейся в непрерывном процессе ликвидации одних и возникновении других поселений.

Таким образом, среди наиболее перспективных направлений развития региона – добыча полезных ископаемых, транспортное сообщение и туризм. Колоссальные запасы углеводородного сырья и биологических ресурсов предполагают промышленное масштабное освоение Арктической зоны, что повлечет за собой увеличение объемов перевалки грузов и, как следствие, развитие транспорта и транспортной инфраструктуры. Для улучшения инвестиционного климата в Арктике транспортные и инфраструктурные проблемы также выступают на первый план. Коммуникационная насыщенность Арктической зоны России очень низка. Наземная транспортная сеть развита слабо, а воздушные и речные перевозки чрезвычайно дороги. В этих условиях для многих арктических районов морская транспортировка является единственным возможным методом. При этом особо привлекательным становится использование экранопланов для транспортного сообщения в Арктике, где низкие температуры, вечная мерзлота, большие расстояния между населенными пунктами и мигрирующее население, сосредоточенное у побережья, являются препятствием для использования традиционной транспортной инфраструктуры – аэропортов, железных и автомобильных дорог.

ОСОБЕННОСТИ ЭКРАНОПЛАНОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ НА ТРАНСПОРТНОМ РЫНКЕ

Экранопланы – скоростные водные транспортные средства, использующие эффект динамического поддержания

вблизи ровной или взволнованной поверхности с очевидной энергетической выгодой, который также называют эффектом «экрана». Они рождены на стыке развития авиации и скоростного судостроения в результате накопления определенного научно-технического потенциала и в настоящее время считаются высочайшим достижением этих отраслей в XX и XXI вв.

Экранопланы привлекают внимание специалистов своими потенциальными возможностями по скоростным перевозкам пассажиров и доставке грузов над морем. В 80-х гг. в Советском Союзе был приобретен определенный опыт строительства и эксплуатации крупных экранопланов. В Нижегородском ЦКБ по СПК (сейчас оно носит имя своего основателя и главного конструктора экранопланов, Р. Е. Алексеева) были спроектированы и построены несколько транспортно-десантных кораблей-экренопланов пр. 904 «Орленок» и ударный экраноплан пр. 903 «Лунь».

На Западе экранопланы известны как GEM (Ground Effect Machine), SES (Surface Effect Ship), есть также термины WIG (Wing-In-Ground Effect), «hover wing» и т.д.

Российский термин «экреноплан», впервые предложенный Р. Е. Алексеевым, в 1992 г. был рекомендован Ассамблеей ИМСО и Английским Ллойдом для общемировой практики [3].

По предложению России Международной морской организацией (ИМО) принята классификация летательных аппаратов – экранопланов, использующих экранный эффект:

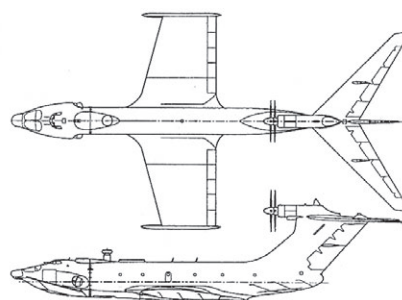
- тип «А»: судно, сертифицированное для эксплуатации только в зоне действия экранного эффекта.
- тип «В»: судно, сертифицированное для эксплуатации в зоне действия экранного эффекта, способное кратковременно увеличивать высоту полета за пределы действия экранного эффекта, до 150 м от опорной поверхности.
- тип «С»: судно, сертифицированное для эксплуатации в зоне действия экранного эффекта и на высотах, превышающих 150 м над опорной поверхностью [4].

Согласно существующим правоустанавливающим нормативным документам в Российском морском регистре судоходства (РМРС), а также правилам ИМО, экранопланы позиционируются как скоростные амфибийные суда с перспективой использования незанятой скоростной ниши от 120 до 700 км/ч между водным, автомобильным транспортом и авиацией.

Существуют различные аэрогидродинамические (АГД) схемы экранопланов, схожие с летательными аппаратами, гидросамолетами и скоростными судами одновременно, обеспечивающие реализацию экранного эффекта при крейсерском движении экраноплана, а также поперечную и продольную устойчивость при возникновении произвольных возмущений в полете/маневрировании в приэкранной зоне и при взлете/посадке.

Наиболее применимые из них:

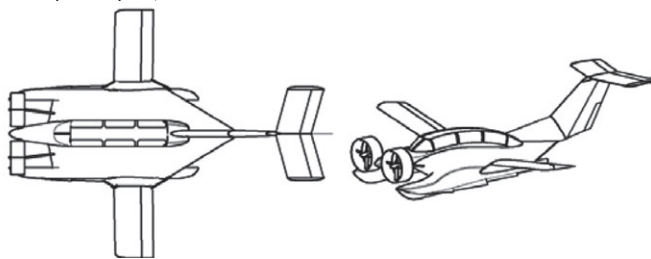
- «самолетная схема», реализованная в основном в экранопланах Р. Е. Алексеева;



Экраноплан «Орленок» Р. Е. Алексеева

- «составное крыло», реализованное в экранопланах Р.Л. Бартини и семействе экранопланов «Иволга», В.В. Колганова,

обладающее наилучшими показателями по большинству параметров;



Экраноплан ЭК-12 «Иволга»

- «летающее крыло» с неоднозначными показателями продольной устойчивости, но с высокими параметрами весовой отдачи.



Экраноплан «Секунда», ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева

Для экранопланов существуют определенные ограничения по эксплуатации:

- в зависимости от состояния моря, освещенности (только в светлый период), видимости (при наличии удовлетворительной визуальной видимости);
- необходима свободная поверхность воды для взлета из водоизмещающего состояния. Для экранопланов класса «А» посадка осуществляется исключительно приводнением;
- из-за значительно выступающих за габариты корпуса низкорасположенных крыльев и концевых шайб-поплавков имеется опасность столкновения с плавающими и притопленными объектами, льдом, мелкими судами;
- в крейсерском полете на экране (высота 1–5 м над водой) при скорости более 100 уз судно имеет определенные ограничения в маневрировании. Поэтому в ночное и темное время суток, в тумане, при плохой видимости особую опасность с риском столкновений для экранопланов представляет несанкционированное появление скоростных судов, плавающих препятствий, ледяных торосов, айсбергов, а также акватории с изрезанным побережьем, большим числом островов, районы с интенсивным судоходством, активным рыбным промыслом, боевой подготовки ВМФ. Необходимо отметить, что при наличии специального навигационного оборудования и достаточных навыков экипажа в пилотировании экраноплан с его возможностью облетать и перелетать препятствия по сравнению с обычными водоизмещающими судами можно считать сверхманевренным транспортным средством;
- при эксплуатации экранопланов опасность для них могут также представлять внезапное увеличение высоты волны, шквалистые ветры, ухудшение видимости из-за снегопада, пурги, ливней и гроз. Но в отличие от обычного морского транспорта, вынужденного штормовать с потерей хода, экраноплан типа «В» может уйти от шторма, поднявшись над экраном с увеличением расхода топлива, используя свои скоростные возможности.

С учетом совокупности перечисленных особенностей нужно регламентировать требования к проектированию экранопланов в соответствии с их размерами, назначением и маршрутами движения.

Экранопланы целесообразно применять для грузопассажирских перевозок по специально выделенным маршрутам движения, аналогичным скоростному водному транспорту, с обеспечением береговыми службами гидрометеорологической и навигационной информацией, с получением на борт сводок и прогнозов погоды, навигационных извещений мореплавателям, а также иметь на борту совершенное навигационное оборудование и системы управления. Например, на основе использования нейросетевых технологий [5].

Отличительными особенностями эксплуатации экранопланов в Арктике являются:

- суровые климатические условия, низкотемпературный зимний режим;
- ледовая обстановка, торосистые ледяные поля по трассе практически круглый год;
- необходимость строительства транспортной инфраструктуры за Полярным кругом;
- большие расстояния между базовыми портами арктического побережья.

В этой связи к базовой АГД схеме и конструкции экраноплана предъявляются соответствующие требования:

- обеспечение низкотемпературных условий эксплуатации и обязательное наличие антиобледенительных систем;
- обязательная возможность эксплуатации экраноплана по классу «В» с динамической разгрузкой корпуса при взлете/посадке и высокой степени самоликвидации непроизвольных нарушений продольной устойчивости при регулярном маневрировании в околоэкранный зоне;
- для обеспечения эффективности и безопасности транспортных операций на просторах Арктики экранопланы должны быть большой вместимости, а лучше всего тяжелого (500–5000 т) и сверхтяжелого класса (более 5000 т);
- обязательное наличие транспортной, ремонтно-эксплуатационной и спасательной инфраструктуры (базовых портов-убежищ) по трассам следования экранопланов для обеспечения безопасности.

При этом также необходимо учитывать эксплуатационные условия умеренных широт.

Указанным требованиям наиболее полно удовлетворяют экранопланы по схемам «летающее» и «составное крыло». Однако некоторые отличительные особенности «самолетной схемы» и ее разновидностей позволяют рассматривать их также в составе приоритетных схем для Арктики.

Следует отметить, что, несмотря на обилие и разнообразие реализованных проектов по строительству экранопланов, в настоящее время ни один из них не запущен в серийное производство и коммерческую эксплуатацию, как это было при появлении первых СПК в 1950–1970-х гг. А базовая АГД схема экраноплана, комплексно отвечающая требованиям эффективной эксплуатации в системе водного транспорта, до сих пор еще нигде не сформирована и не получила практического признания.

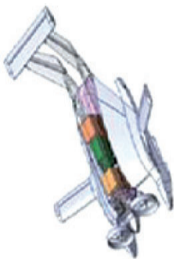
Это обусловлено прежде всего высоким уровнем наукоемкости экранопланостроения в сравнении с судостроением и даже самолетостроением, а также не востребоваанностью и неготовностью к применению данного нового вида транспорта в России с учетом особенностей национальной хозяйственной финансово-экономической платформы.

БАЗИРОВАНИЕ ЭКРАНОПЛАНОВ

Существуют различные концепции базирования и применения тяжелых экранопланов. Одна из них связана с проектом «Пеликан-Ульгра» корпорации Боинг по созданию транспортно-десантного экранолета водоизмещением 2700 т. Главной

Таблица 1

Проекты экранопланов для арктических скоростных транспортных линий

Модификации экранопланов						
	ЭК-100 грузопассажирский экраноплан проект НПК «ТРЭК»	ЭК-150 многоцелевой транспорт- ный экраноплан проект НПК «ТРЭК»	МТ-ГТД110У многоцелевой транспорт- ный экраноплан проект «Союзмортранс»	Бе-2500 «Нептун» тяжёлый транспортный гидросамолёт проект ТАНТК им. Г.М. Бериева	ЭНБС «Секунда» сверхтяжёлый многоцеле- вой экраноплан проект ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева	Сверхтяжёлый многоцелевой экраноплан проект В. Яцкова
1. Тактико-технические характеристики: – габариты (L x B x H), м – вес полный (взлётный), т – вместимость, груз, т/(экипаж + пасс.) – двигатели маршевые: тип, мощность, л.с. (тс), МВт – топливо: – скорость, км/ч: – крейсерская – максимальная – мореходность: – при старте-посадке, высота волны, м: – полёт на экране, баллы – полёт над экраном, м – дальность полёта с полной загрузкой, км	36,0 x 27,0 x 8,0 32 111/ (3+106) ТВД ТВ7-117С 2х 3000 Авиакеросин ТС-1 320 410 3,0 IV - V без ограничений 3200	105,5 x 87,0 x 20,0 355 150/ (5+1290) ТРДД ПС-90 6х (16) Авиакеросин ТС-1 600 700 5,0 VI без ограничений 6100	130 x 85,2 x 29,8 1000 300/(-) ГТД-110 + 2х НК-32 150 000 + 2х (50) Авиакеросин ТС-1 356 415 6,0 VI без ограничений 2600	115,5 x 125,5 x 29,12 2500 1000/(-) ТРДД НК-116 6х (105) Авиакеросин ТС-1 450 700 - - без ограничений 12700	- 8000 до 4000/(-) ТВД НК-92 + НК-44 4х (18) + 8х (40) Авиакеросин ТС-1 500 - - без ограничений 8000	250 x 300 x 35 16 000 до 10 000/(-) ЯЭУ + ТВВД НК-1055 2х 450 МВт + 12х 50 МВт ЯТ + Авиакеросин ТС-1 600 - - без ограничений без ограничений ограничена запасом ЯТ
2. Состояние проекта:	Готовность к серийному выпуску	Техническое предложение	Техническое предложение	Проект закрыт	Проект закрыт	Проектное предложение
3. Сертификация	РМРС	-	-	-	-	-

особенностью проекта являлась концепция «аэропорт-акватория». Она заключалась в базировании и взлете экраноплана на аэродромной ВПП с последующим экономичным перелетом на экране над акваторией океана и посадке на другом аэродроме. Однако оказалось, что эксплуатационного ресурса колесного шасси, состоящего из 38 спаренных стоек с 76 колесами, хватало только на единичное число взлетов/посадок. А стоимость оборудования и обслуживания специальных длинных аэродромных ВПП сводит на нет всю эффективность полета «Пеликана» на экране. Кроме того, оказалось, что данная концепция не обеспечивает безопасность в случае непредвиденной аварии в полете с необходимостью посадки на воду и последующего взлета с нее.

В этой связи, несмотря на определенные конструктивные сложности, при создании больших и очень больших экранопланов главным местом базирования остается акватория, созданная самой природой, с недорогой инфраструктурой подъема на пологий берег аналогично морским судам для ремонта и технического обслуживания.

В известной степени это является достоинством и конкурентным преимуществом экранопланов перед авиацией, для которой аэродромная инфраструктура обуславливает размерные ограничения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКРАНОПЛАНОВ НА СКОРОСТНЫХ ОКЕАНСКИХ И АРКТИЧЕСКИХ ТРАССАХ

В табл. 1 приведены тактико-технические характеристики и облик некоторых проектов экранопланов эффективных для использования на арктических скоростных линиях.

Очевидно, что даже предварительные проектные оценки характеристик тяжелых экранопланов показывают возможность их применения на трансконтинентальных арктических линиях. Так, расстояние от Шанхая до Роттердама по акватории, составляющее для экранопланного фарватера около 13 220 км (7193 мили), можно преодолеть с промежуточными посадками либо без них (для экранопланов с ЯЭУ) меньше чем за сутки. В то время как сухогрузу/контейнеровозу ледового класса со средней скоростью перехода по СМП 13,5 уз для этого понадобится не менее 25 суток.



Трансконтинентальная скоростная линия Шанхай–Роттердам

Расстояние для экранопланов класса «А» (желтый цвет) – 7138 мор. миль; для экранопланов класса «С» и «В» (красный цвет) – 6398 мор. миль

При использовании экранопланов, сертифицированных в Авиарегистре по классу «С» по сокращенной и специализированной программе, общая длина трассы может сократиться до 11 850 км (6398 миль). В этом случае экраноплан ЭК-150

с промежуточной посадкой в Колымском заливе сможет преодолеть это расстояние за 19 ч 45 мин, пересекая материковую часть Евразии через перешеек Чукотского полуострова над руслом р. Омолон маршрутом длиной около 940 км в течение полутора часов на высотах до 550 м над уровнем моря.

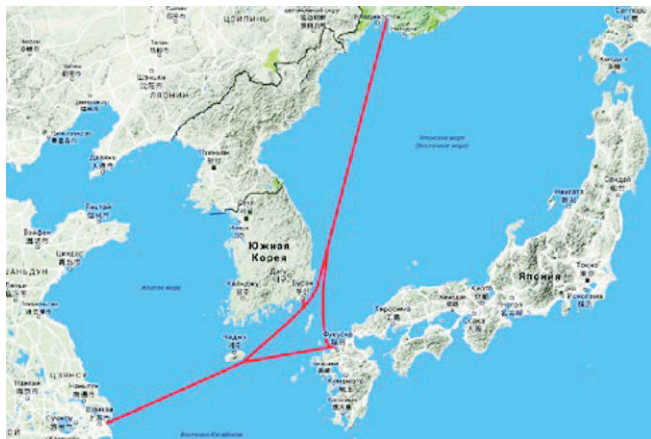
Учитывая важность трассы, существует техническая возможность выполнить ее планировку с корректировкой и выравниванием рельефа в районе водораздела Колымского нагорья на участке длиной 135–150 км. В этом случае по трассе смогут также ходить и экранопланы типа «В». И это несопоставимо дешевле и проще, чем рыть судоходный канал либо прокладывать рельсы.

Сверхтяжелый транспортный экраноплан с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) по проекту В. Яцкова преодолевает эту трассу без промежуточной посадки. Размер средней аэродинамической хорды экраноплана обеспечит его полет на экране на высоте около 40–50 м. При этом, возможно, его даже не понадобится сертифицировать на класс «В». В этом случае опасность на трассе могут представлять только неустановленные айсберги, интенсивное судоходство при взлете/посадке экраноплана и несогласованные линии электропередач при перелете материковой части.

Перевозки с использованием трансконтинентальных сверхтяжелых экранопланов могут оказать заметное влияние на морской судоходный транспортный рынок и стать переломной вехой в развитии судостроения.

Так, согласно проведенному анализу в статье [6] для организации грузопотока 50 млн. т на линии Шанхай–Мурманск через Арктику понадобится не менее 100 судов ледокольного класса дедвейтом 65 тыс. т, при этом переход по СМП со средней скоростью 13,4 уз в одну сторону занимает около 23 суток. Для доставки аналогичного груза сверхтяжелыми экранопланами дедвейтом 10 тыс. т со скоростью 324 уз (600 км/ч) потребуется не более 18–20 судов, а время перехода не превысит 20 часов. Потенциальный спрос на перевозки по этой линии пути превышает 650 млн. т, что соизмеримо с грузопотоком по Суэцкому каналу.

С учетом перспектив бурного развития стран Азиатско-Тихоокеанского региона и Юго-Восточной Азии и экранопланостроения можно говорить о возможности создания глобального Субевразийского Северного транспортного коридора (и не только его одного), который свяжет эти страны, а также арктические и дальневосточные территории России с остальным миром. Экономические и стратегические выгоды для России очевидны в силу контроля основной части маршрута, проходящего по ее территории и акваториям. При этом практическая реализация проекта возможна с использованием научно-технического задела России в экранопланостро-



Скоростная морская транспортная линия (СМТЛ) «Юго-Восточный Экспресс», (проект компании «Союзмортранс»)

— маршрутные линии экранопланов класса «А», по данным ИМО

нии и смежных наукоемких отраслях, а также финансового потенциала заинтересованных стран Юго-Восточной Азии и Азиатско-Тихоокеанского региона.

К сожалению, на данном этапе из-за отсутствия полной информации о технико-экономических характеристиках сверхтяжелых экранопланов очень сложно сделать оценку эффективности их использования на конкретных коммерческих линиях для сравнения с проектами создания скоростных железнодорожных «шелковых» коридоров из Китая в Европу с триллионными сметами. Однако есть возможность сравнения с оценками эффективности небольшого фрагмента этого пути – скоростной морской транспортной линии (СМТЛ) Шанхай–Владивосток с использованием пассажирских экранопланов ЭК-100 («Иволга-4») разработки известного российского экранопланостроителя В.В. Колганова.

Характеристики СМТЛ

Количество экранопланов.....	2×ЭК-100
Общий пассажиропоток, пасс./год.....	2×30 528
Объем финансирования проекта, млн. долл.	41,0
Прибыль до налогообложения в год, млн. долл.	2×10,1
Дисконтируемая окупаемость ($r=12\%$)	6 лет 10 мес.
Внутренняя норма рентабельности, %	32,3

ВЫВОДЫ

Очевидно, что использование тяжелых экранопланов на арктических маршрутах позволит не только качественно изменить рынок морских транспортных перевозок, но также создать новую производственно-логистическую отрасль с высокими экономическими показателями.

Однако необходимо учитывать, что экранопланостроение достаточно наукоемкое и высокотехнологичное направление,

которое находится только в начале пути и в своем развитии испытывает жесточайшее давление со стороны конкурентных отраслей – авиации и судостроения. При этом только эффективные, надежные, простые и гениальные технические решения на высоком научно-техническом уровне обеспечат мировое признание этому новому виду транспорта.

Сейчас Россия имеет наибольший научно-технический задел и в экранопланах, и в авиации с ЯЭУ. Однако решение глобальной и сложной по значимости задачи создания нового субконтинентального транспорта потребует совместных усилий не только России, но и всех стран, заинтересованных в создании подобных транспортных мостов и коридоров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арапова Е.Я.* Морской шелковый путь XXI века против Северного морского пути: угрозы и возможности // ЭТАП. – 2014. – №4. – С. 84–93.
2. *Казин Д.И.* Организационно-технические предпосылки применения авиационных и амфибийных средств в целях поисково-спасательного обеспечения деятельности ВМФ в арктических водах // Судостроение. – 2017. – № 2. – С. 25–35.
3. *Клементьев А.Н., Любимов В.И., Васильев Э.В.* Экранопланы. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2004. – 20 с.
4. Временные правила классификации и постройки экранопланов. Российский речной регистр. 2001. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293827/4293827266.htm>
5. *Глушков С.В. и др.* Синергетика и нейросетевые системы управления курсом судна. – СПб.: Питер, 2006. – 204 с.
6. *Яцков Владимир.* Каспийские монстры возвращаются // Военно-промышленный курьер. – 2016. – Вып. 44.
7. *Федорев Г.А., Знатков А.С., Шауб П.А.* Экранопланы и скоростные транспортные системы для Приморья и освоения арктических регионов Якутии // Судостроение. – 2017. – №2. – С.12–16. ■

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перспективным средством высокоточной и отказоустойчивой навигации для воздушного, наземного и водного транспорта стали интегрированные инерциально-спутниковые навигационные системы, основанные на совместном использовании собственной инерциальной и внешней спутниковой информации. Такими системами оснащаются самолеты, экранопланы, суда на воздушной подушке, а также всевозможные беспилотные транспортные средства. Учитывая критичность таких систем для адекватного управления движением и безопасного функционирования объекта-носителя в целом, в последнее время стали проявлять интерес к особенностям функционирования интегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы (ИИСНС) в условиях неустойчивого приема спутниковых сигналов и, в частности, в случае малого числа радиовидимых навигационных спутников (НС). В этих условиях навигационная система вынуждена будет работать в автономном, т.е. не корректируемом, режиме. Поэтому при описании технических характеристик ИИСНС в обязательном порядке указывается допустимая длительность автономного режима и скорость нарастания погрешности системы в этом режиме.

Так возникает проблема обеспечения непрерывности функционирования ИИСНС при отсутствии сигналов от НС. Связана с ней проблема повышения точности функционирования

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ И СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.А. Фомичев, д-р физ.-матем. наук, проф., зам. зав. кафедрой МФТИ (ГУ),
ген. директор,

Ю.Ю. Брославец, канд. физ.-матем. наук, доцент МФТИ (ГУ),
инженер-программист,

А.А. Жихарева, инженер,

П.В. Ларионов, вед. специалист,

В.Б. Успенский, д-р техн. наук, доцент, вед. специалист,

А.Д. Морозов, аспирант МФТИ (ГУ), инженер, АО «ЛАЗЕКС»,
контакт. тел. +7 (495) 576 6155

собственно бесплатформенной инерциальной навигационной системой (БИСНС).

Дело в том, что преимущества работы ИИСНС в автономном перерыве по сравнению с работой некорректируемой БИСНС, построенной, к примеру, на тех же инерциальных датчиках (ИД), состоит в следующем:

- начальные условия вектора состояния ИИСНС, включая угловые параметры, к началу автономного режима могут быть

- более точными, чем результаты режима автономной выставки, который формирует начальные условия для БИНС;
- в процессе штатной работы ИИСНС (в режиме коррекции) есть возможность уточнить ошибки измерений ИД с целью их алгоритмической компенсации в автономном режиме.

Таким образом, можно говорить о возможности *довыставки и докалибровки БИНС* по информации от НС на начальном этапе функционирования, допускающем коррекцию вектора состояния системы. Целесообразность таких мероприятий должна быть проанализирована.

Задача дополнительной калибровки БИНС по оценкам различных погрешностей ИД не нова. Так, в [1] исследуется построение алгоритма послеполевой калибровки БИНС в зависимости от некоторых типов эволюций самолета. В [2] выполняется дополетная калибровка БИНС с использованием расширенной модели ошибок. В [3] показана высокая точность использования фильтра Калмана (ФК) при включении в вектор состояния координат, скоростей, углов, дрейфов датчиков угловых скоростей и ньютонометров, а также постоянных составляющих погрешностей ошибок измерения канала коррекции.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной работы является усовершенствование методов комплексирования (оценки и коррекции) инерциальной и спутниковой информации, обеспечивающее повышенную точность автономного режима в канале формирования гибридных координат за счет высокоточной оценки начальных значений угловых параметров и адекватной компенсации ошибок измерений ИД.

Нетривиальность достижения поставленной цели для ИИСНС обуславливается следующими объективными факторами:

- не всегда использование для компенсации ошибки более детальной математической модели погрешностей ИД приводит к положительному результату в смысле сформулированного критерия. Это объясняется тем, что эффективность компенсации связана с достоверностью оценок параметров модели, а последняя зависит от их наблюдаемости в процессе работы ИИСНС при характерном движении объекта;

- эффективность (точность) оценивания во многом зависит от настройки расширенного ФК, с помощью которого осуществляется такая оценка. Поэтому важно использовать наилучшие значения параметров настройки, определяемые в ходе исследования.

Таким образом, поставленная цель реализуется решением *следующих исследовательских задач*:

- выбором наилучшей модели погрешности (в смысле ее детализации) ИД с учетом идентификации ее параметров при характерном движении объекта;
- выбором наилучшего метода коррекции вектора состояния и компенсации ошибок измерений ИД;
- наилучшей настройкой расширенного ФК.

Критерием оценки эффективности решения перечисленных задач является обеспечиваемая точность гибридных координат в автономном режиме.

Поставленные задачи решаются с помощью имитационного моделирования и статистического анализа.

3. ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1. Способ генерации данных. Моделирование осуществлялось на экспериментальных данных, полученных в ходе испытаний летательного аппарата (ЛА) самолетного типа со значительной динамикой полета (рис. 1).

Сохраненные измерения, принимаемые идеальными, были использованы для построения с помощью алгоритма БИНС-эталонных параметров движения: координат, скорости, углов ориентации. Для проведения исследования методов и алгоритмов комплексирования сохраненные реальные измерения ИД искажались с помощью введенной модели ошибок с заданными значениями параметров и использовались в качестве исходной информации для экспериментального ПМО. Спутниковые измерения генерировались с заданным уровнем погрешности на основе эталонной траектории.

Таким образом, исходные данные для исследования, сгенерированные по описанной технологии, во-первых, соответствуют реальному движению ЛА с характерной динамикой и маневрами и, во-вторых, содержат фактические измерительные шумы датчиков и заданный уровень параметров модели ошибок. Указанные свойства исходных данных обосновывают адекватность условий моделирования и его полученных результатов.

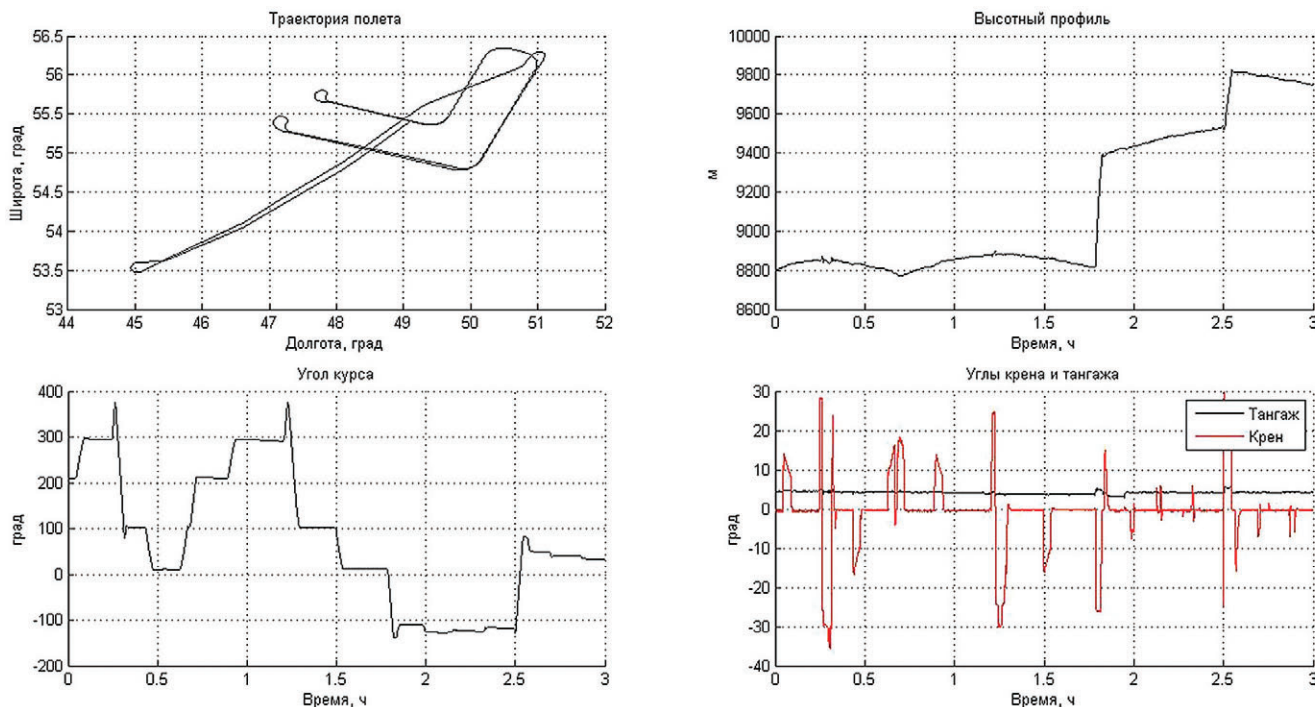


Рис. 1. Характерные графики для первых трех часов полета

Моделирование проводилось на первых трех часах полета: два часа осуществлялась коррекция по спутниковым данным, и третий час выполнялась работа в автономном режиме. Выбор такой временной структуры обусловлен исследованием поведения системы в автономном режиме в зависимости от времени выключения спутника, показавшим, что двух часов маневренного полета достаточно для получения достаточно точной оценки углов ориентации и параметров модели погрешности ИД.

3.2. Состав алгоритмического обеспечения метода комплексирования инерциальной и спутниковой информации. В экспериментальном ПМО реализована базовая информационно-алгоритмическая схема, соответствующая стандартной сильносвязанной схеме комплексирования с обратной связью по вектору состояния и вектору погрешностей (рис. 2). Собственно исследование проводится по оценке эффективности обратных связей и определению наилучшей структуры и состава компенсирующих моделей погрешностей.

1. В блоке «Введение ошибки в измерения» в идеальные измерения ИД вводятся погрешности в соответствии с расширенной математической моделью ошибок гироскопов и акселерометров (АК), включающей в себя дрейфы (смещение нуля) ИД, погрешности МК и параметры неортогональности.

Математическая модель возмущенных измерений имеет одинаковую структуру для гироскопов и АК:

$$\Delta\bar{\theta}_{k+1} = \Delta\bar{\theta}_{k+1} + \bar{d}w \cdot \Delta t_{k+1} + \bar{k}_g \cdot \Delta\bar{\theta}_{k+1} + G \cdot \Delta\bar{\theta}_{k+1} + \bar{\xi}_k; \quad (1)$$

$$\Delta\bar{b}_{k+1} = \Delta\bar{b}_{k+1} + \bar{d}w \cdot \Delta t_{k+1} + \bar{k}_a \cdot \Delta\bar{b}_{k+1} + U \cdot \Delta\bar{b}_{k+1} + \bar{\eta}_k. \quad (2)$$

Здесь $\Delta\bar{\theta}_{k+1}$, $\Delta\bar{b}_{k+1}$ – текущие приращения угла поворота и приращение кажущейся скорости, генерируемые моделью ИД; $\Delta\bar{\theta}_{k+1}$, $\Delta\bar{b}_{k+1}$ – истинные приращения угла и приращение кажущейся скорости, $\bar{d}w$, $\bar{d}a$ – вектора, составленные из дрейфов гироскопов и смещений нуля АК, $\bar{k}_g$, $\bar{k}_a$ – диагональные матрицы МК,

$$G = \begin{pmatrix} 0 & G_{12} & G_{13} \\ G_{21} & 0 & G_{23} \\ G_{31} & G_{32} & 0 \end{pmatrix}, U = \begin{pmatrix} 0 & U_{12} & U_{13} \\ U_{21} & 0 & U_{23} \\ U_{31} & U_{32} & 0 \end{pmatrix} \text{ – матрицы пара-}$$

метров неортогональности, $\bar{\theta}_k$, $\bar{\xi}_k$ – шумы с диагональной матрицей интенсивностей $Q^{(1)}$, $Q^{(1)}$.

Параметры $\bar{k}_g$, $\bar{k}_a$, $\bar{d}w$, $\bar{d}a$, G , U задаются, а шумы соответствуют шумовой составляющей экспериментальных измерений.

2. В блоке БИНС осуществляется рекуррентное вычисление текущих значений навигационных параметров по предыдущим значениям [4] по следующим формулам:

$$\psi_{k+1} = \frac{1}{\cos \theta_k} (\Delta\bar{\theta}_{3,k+1} \sin \gamma_k - \Delta\bar{\theta}_{2,k+1} \cos \gamma_k) - \text{tg} \theta_k (w_E \sin \psi_k + w_N \cos \psi_k) \Delta t_{k+1} + v_{h,k} \Delta t_{k+1} + \psi_k;$$

$$\theta_{k+1} = (\Delta\bar{\theta}_{2,k+1} \sin \gamma_k + \Delta\bar{\theta}_{3,k+1} \cos \gamma_k) + (w_N \sin \psi_k - w_E \cos \psi_k) \Delta t_{k+1} + \theta_k;$$

$$\gamma_{k+1} = \Delta\bar{\theta}_{1,k+1} + \text{tg} \theta_k (\Delta\bar{\theta}_{3,k+1} \sin \gamma_k - \Delta\bar{\theta}_{2,k+1} \cos \gamma_k) - \frac{1}{\cos \theta_k} (w_E \sin \psi_k + w_N \cos \psi_k) \Delta t_{k+1} + \gamma_k;$$

$$\bar{V}_{k+1} = A \Delta\bar{b}_{k+1} + \bar{g} \Delta t_{k+1} + [\bar{V}_k \times (\bar{\Omega} + \bar{\omega})] \Delta t_{k+1} + \bar{V}_k;$$

$$\varphi_{k+1} = \frac{V_{N,k}}{R_2} \Delta t_{k+1} + \varphi_k;$$

$$\lambda_{k+1} = \frac{V_{E,k}}{R_1 \cdot \cos \varphi_k} \Delta t_{k+1} + \lambda_k;$$

$$h_{k+1} = v_{h,k} \cdot \Delta t_{k+1} + h_k.$$

Здесь ψ_{k+1} , θ_{k+1} , γ_{k+1} – углы курса, тангажа и крена на $k+1$ такте счисления; $\frac{1}{k+1} (\frac{1}{1,k+1}, \frac{1}{2,k+1}, \frac{1}{3,k+1})$ – приращение угла поворота, полученное после модели возмущенных измерений гироскопов; (w_N, w_E, w_h) – проекции вектора абсолютной угловой скорости сопровождающего трехгранника на оси местной географической системы координат (МГСК); Δt_{k+1} – период обновления информации; $\bar{V}_k = (v_{N,k}, v_{h,k}, v_{E,k})$ – вектор относительной скорости ЛА, включающий северную, высотную и восточную составляющие; A – матрица поворота от МГСК к связанной системе координат (ССК), $\Delta\bar{b}_{k+1}$ – приращение кажущейся скорости, полученное после модели измерений АК, в ССК; $\bar{g}$ – вектор ускорения свободного падения в проекциях на оси МГСК; $\bar{\Omega}$ – угловая скорость вращения Земли в проекциях на оси МГСК, φ_{k+1} , λ_{k+1} , h_{k+1} – широта, долгота и высота; R_1 , R_2 – параметры, связанные с радиусом Земли.

Вычисления по алгоритму БИНС проводятся с частотой обновления данных от ИД. В данном случае это около 215 Гц.

Заметим, что приведенный алгоритм БИНС не является наилучшим для использования в составе целевого ПМО, но для исследовательской задачи вполне пригоден.

Таким образом, вектор состояния БИНС включает в себя следующие параметры:

$$x = (\psi, \theta, \gamma, v_N, v_h, v_E, \varphi, \lambda, h).$$

Тогда в обобщенном виде можно записать

$$x_{k+1} = f(x_k, \Delta\bar{\theta}_{k+1}, \Delta\bar{b}_{k+1}). \quad (3)$$

Начальное значение вектора состояния БИНС определяется в результате режима выставки, проводимого системой. Между моментами коррекции вектор состояния вычисляется по формуле (3), а в моменты коррекции к нему добавляется вектор оценок ошибок навигационных параметров, вычисленных с помощью ФК. Коррекция от спутниковых данных в штатном режиме производится с частотой 1 Гц.

3. В алгоритмическом блоке фильтра Калмана осуществляется комплексирование инерциальной и спутниковой информации с помощью расширенного ФК, применяемого для линеаризованной модели ошибок навигационных параметров.

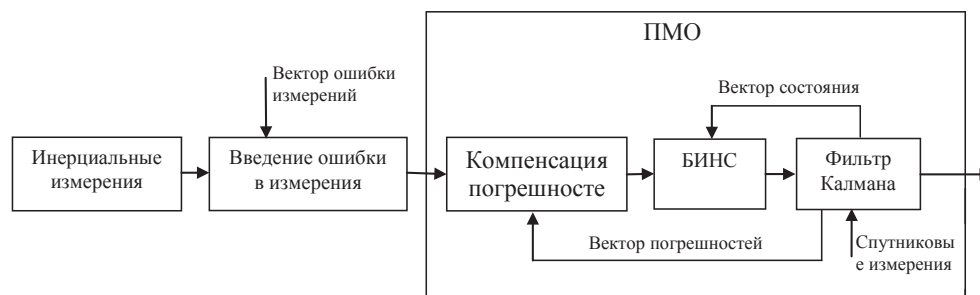


Рис. 2. Информационно-алгоритмическая схема

Начальные значения оценок вектора состояния x корреляционной матрицы ошибок P_0^+ задаются в соответствии с результатами выставки с учетом корреляции инструментальных ошибок ИД с ошибками определения углов ориентации.

В ФК вначале происходит вычисление априорного значения вектора состояния по алгоритму БИНС:

$$x_{k+1}^- = f(x_k, \Delta\bar{\theta}_{k+1}, \Delta\bar{b}_{k+1}),$$

затем вычисление матриц $A_k = \frac{df}{dx}$, $W_k = \frac{df}{dv}$ и априорной корреляционной матрицы ошибок:

$$P_{k+1}^- = A_k P_k^+ A_k^T + W_k Q W_k^T.$$

Если спутниковых измерений нет, то считаем

$$P_{k+1}^+ = P_{k+1}^-, \quad x_{k+1}^+ = x_{k+1}^-.$$

В противном случае вычисление апостериорного вектора состояния и корреляционной матрицы ошибок происходит по формулам:

$$\begin{aligned} K_{k+1} &= P_{k+1}^- H^T (H P_{k+1}^- H^T + R)^{-1}; \\ x_{k+1}^+ &= x_{k+1}^- + K_{k+1} (z_{k+1} - H x_{k+1}^-); \\ P_{k+1}^+ &= (E - K_{k+1} H) P_{k+1}^-. \end{aligned}$$

Здесь P – ковариационная матрица; z – вектор спутниковых измерений, состоящий из компонент вектора относительной скорости объекта и географических координат; Q , R – матрицы дисперсий шумов измерений ИД и СНС; матрица измерений H связывает вектор измерений с вектором состояния фильтра; E – единичная матрица.

При исследовании различных моделей погрешности в вектор состояния фильтра, помимо вектора x , включаются также параметры модели ошибок измерений, полагаемые постоянными и неизвестными.

3.3. Описание исследуемых моделей погрешности.

В зависимости от степени детализации исследуемой модели погрешности размерность ФК принимает значения 9, 15, 33 (обозначаемые в эксперименте (1), (2), (3) соответственно).

1. Вектор состояния фильтра имеет размерность 9 и включает в себя только

$$\psi, \theta, \gamma, v_N, v_h, v_E, \varphi, \lambda, h.$$

В этом случае отсутствует обратная связи по погрешностям на рис. 2 и коррекция осуществляется только для вектора состояния БИНС.

2. Вектор состояния фильтра имеет размерность 15 и, помимо $\psi, \theta, \gamma, v_N, v_h, v_E, \varphi, \lambda, h$, включает в себя $dw_i, db_i, i=1, \dots, 3$.

Полагая, что они постоянны, расширяем динамическую модель за счет выражений

$$\begin{aligned} dw_{i,k+1} &= dw_{i,k}, \quad i=1, \dots, 3; \\ db_{i,k+1} &= db_{i,k}, \quad i=1, \dots, 3. \end{aligned}$$

Для алгоритмической компенсации используется модель аддитивных ошибок к измерениям гироскопов и АК. С точки зрения полных моделей (1), (2) указанные параметры соответствуют либо дрейфу (смещению нуля) при пренебрежимо малых прочих погрешностях, либо суммарной ошибке измерений, обусловленной как дрейфом, так и параметрами неортогональности и погрешностью МК.

Недостатком такой относительно простой модели является неполный учет всех типов инструментальных погрешностей, присущих ИД. Однако известно, что ее параметры наблюдаемы в условиях полета ЛА, что делает ее использование для компенсации целесообразным.

3. Вектор состояния фильтра имеет размерность 33 и включает в себя, помимо $\psi, \theta, \gamma, v_N, v_h, v_E, \varphi, \lambda, h$ и дрейфов $dw_i, db_i, i=1, \dots, 3$ погрешности МК $k_{g,i}, k_{a,i}, i=1, \dots, 3$, и параметры неортогональности $G_{ij}, U_{ij}, i=1, \dots, 3$.

Аналогично расширяем динамическую модель за счет выражений

$$\begin{aligned} k_{g,i,k+1} &= k_{g,i,k}, \quad i=1, \dots, 3; \\ k_{a,i,k+1} &= k_{a,i,k}, \quad i=1, \dots, 3; \\ G_{i,j,k+1} &= G_{i,j,k}, \quad j=1, \dots, 3; \end{aligned}$$

$$U_{i,j,k+1} = U_{i,j,k}, \quad j=1, \dots, 3.$$

Таким образом, для алгоритмической компенсации используется полная модель ошибок измерений гироскопов и АК (1), (2).

Преимуществом модели является полный учет всех типов инструментальных погрешностей, присущих ИД, недостатком – ее сложность. Кроме того, параметры могут быть ненаблюдаемы в условиях полета ЛА, что может отрицательно сказаться на использовании этой схемы для компенсации.

4. СТРАТЕГИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Вычислительный эксперимент проводится с помощью описанных выше элементов имитационного моделирования и его целями являются:

- выбор наилучшей модели погрешности ИД из множества моделей, описанных в п.3.3;
- выбор наилучшего метода коррекции вектора состояния и компенсации ошибок измерений ИД;
- выбор наилучшей настройки расширенного ФК (матрицы P_0^+ , R и Q).

Были использованы следующие методы коррекции. Коррекция вектора всего состояния ФК (см. п. 3.2) и коррекция измерений ИД, заключающаяся в компенсации погрешностей ИД, оцененных ФК. Включение последнего режима будем обозначать добавлением буквы «к» к номеру модели погрешностей, например: (2_к).

Критериями наилучшего выбора модели погрешности ИД, способа коррекции и настройки ФК является минимальная величина максимальной погрешности определения координат в автономном режиме, продолжительностью один час.

Была выбрана следующая структура вычислительного эксперимента для исследования поведения ИИСНС в условиях введения погрешностей различного типа. Для каждой модели погрешностей и метода коррекции было промоделировано ряд из пяти серий измерений, в каждой из серий варьировалась ошибка по одному типу погрешностей. Так, в первой серии был введен только дополнительный дрейф гироскопов, во второй серии – смещение нуля АК и т.д. В каждой серии было произведено пять реализаций для статистической достоверности полученных точностей. Величина ошибки в каждой реализации осуществлялась случайным выбором из заданного диапазона погрешностей. В качестве итоговой точности системы с выбранной моделью погрешностей и методом коррекции бралась максимальная ошибка широты и долготы в автономном перерыве, полученная в ходе пяти реализаций.

В итоговой шестой серии измерений было произведено 30 реализаций, в которых случайным образом варьировались все три типа погрешностей: дрейфы, погрешности МК и параметры неортогональности. Это позволило определить статистические характеристики точности системы в автономном перерыве для различных типов коррекции.

Описанную структуру эксперимента обобщает табл. 1, в которой приведено описание серий моделирования с указанием типа и диапазона вариации введенных ошибок, а также количества реализаций для каждого метода коррекции.

5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе вычислительного эксперимента получены следующие результаты.

1. Проведено сравнение моделей (1), (2), (3) в режиме без компенсации. Результаты по первым пяти сериям моделирования представлены на рис. 3 (первые три столбца) в виде максимумов ошибок широты и долготы в автономном перерыве, в метрах. Из диаграмм видно, что модель (3) в части случаев обеспечивает более высокую точность, чем модели (1) и (2). В шестой серии моделирования (состоявшей из 30 реализаций со случайными значениями введенных погрешностей) получены графики поведения ошибки широты и долготы в автономном

перерыве (рис. 4), а также статистические характеристики по 30 реализациям (табл. 2). Сравнение трех моделей погрешностей без включения компенсации показывает их приблизительно равнозначность: средний максимум ошибки в автономном перерыве равен 1100 м по широте и 1380 м по долготе.

2. Вторая часть моделирования касалась вопроса изменения точности системы при добавлении обратной связи по погрешностям. Для модели (1) такой режим не имеет смысла, так как в нем ФК не оценивает погрешности ИД. Для модели (3) добавление обратной связи привело к потере устойчивости вычислительного процесса и стремительному возрастанию погрешности. Это объясняется некорректной оценкой погрешностей МК и параметров неортогональности, которые в рассматриваемых условиях полета являются слабо наблюдаемыми, и их критическим влиянием на точность системы при использовании в компенсации измерений ИД. Собственно поэтому на графиках рис. 3 представлен только режим (2_к), и нет режимов (1_к) и (3_к).

Использование режима компенсации в модели (2) позволило существенно улучшить точность системы: результаты по первым пяти сериям представлены в четырех столбцах рис. 3, по шестой серии моделирования – на рис. 5 и в табл. 2. Из них видно, что модель (2_к) дает стабильно лучшую точность по сравнению с другими режимами. Так, в шестой серии точность увеличивается до 200 м по широте и 1100 м по долготе (табл. 2), т.е. в среднем в 2,5 раза.

Таким образом, в результате вычислительного эксперимента получено:

1. Оптимальная модель погрешностей включает ошибки для основных навигационных параметров, а также ошибки измерений гироскопов и акселерометров без их детализации по источникам погрешности.

2. Наилучшим методом коррекции является коррекция ФК основных навигационных параметров и компенсация ошибок непосредственно в измерениях ИД с помощью калмановских оценок этих ошибок.

3. В ходе настройки ФК были получены оптимальные значения матриц P_0^+ , R и Q . В табл. 3 указаны величины, необходимые для вычисления матриц P_0^+ и R . А именно, для каждого навигационного параметра, входящего в вектор состояния, даны: СКО в указанных физических величинах, коэффициент масштабирования параметра k , коэффициенты масштабирования матриц P_0^+ , R ; k_p и k_R соответственно.

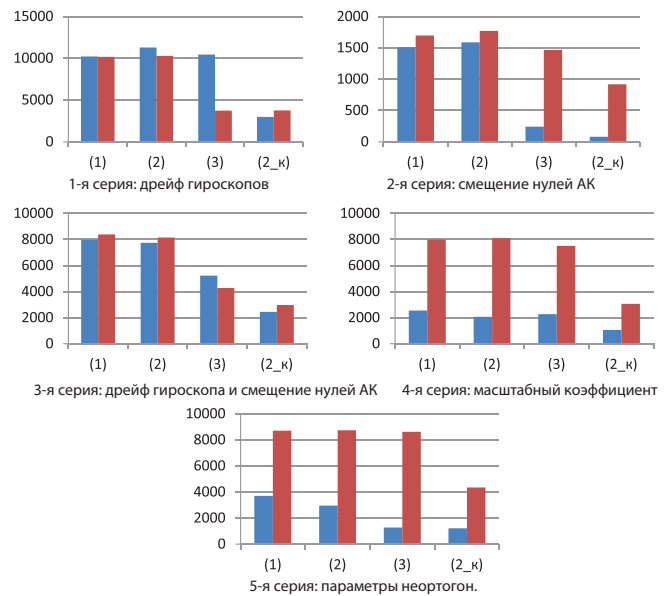


Рис. 3. Максимумы погрешностей широты (синий столбец, м) и долготы (красный столбец, м) в первых пяти сериях моделирования

Для вычисления диагональных элементов матриц P_0^+ , R нужно воспользоваться формулой

$$P_{0,l,l}^+ = k_{p,l} \left(\frac{s_l}{k_l} \right)^2 / 9; \quad R_{l,l} = k_{R,l} \left(\frac{s_l}{k_l} \right)^2 / 9,$$

где l пробегает значения от 1 до 9, 15 или 33 в зависимости от типа используемой модели погрешностей. Нondiagonalные элементы матриц P_0^+ и R нулевые.

В матрице интенсивностей шумов ИД использовались значения 10^{-10} рад² для гироскопов и 10^{-2} м²/с² для АК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для практического применения полученных результатов можно рекомендовать использовать в ПМО ИИСНС расширенный вектор состояния, включающий навигационные параметры и совокупные ошибки измерений ИД. При наличии спутниковой информации целесообразно с учетом калмановских оценок ошибок проводить коррекцию как вектора состояния БИНС, так и измерений ИД. В автономном режиме функционирования

План эксперимента

Таблица 1

Номер серии	Дрейф гироскопов, град/ч	Смещение нулей АК, м/с ²	Масштабный коэффициент гироскопа и АК	Параметры неортогональности гироскопа и АК	Количество реализаций
1	0,1	-	-	-	5
2	-	0,001	-	-	5
3	0,1	0,001	-	-	5
4	Фиксир.	Фиксир.	0,00001	0,001	5
5	Фиксир.	Фиксир.	Фиксир.	20°	5
6	0,1	0,001	0,00001	0,001	30

Таблица 2

Статистические характеристики точностей по координатам в автономном перерыве в шестой серии

Тип ошибки	Тип координаты	Матем. ожидание/ СКО, м			
		Без компенсации			С компенсацией
		(1)	(2)	(3)	(2_к)
Максимум ошибки в автономном перерыве	Широта	1122/735	1082/769	1115/755	209/120
	Долгота	1399/791	1385/820	1380/808	1123/633
Ошибка в конце часа	Широта	989/794	995/804	1008/805	154/117
	Долгота	1164/908	1202/939	1182/925	970/692

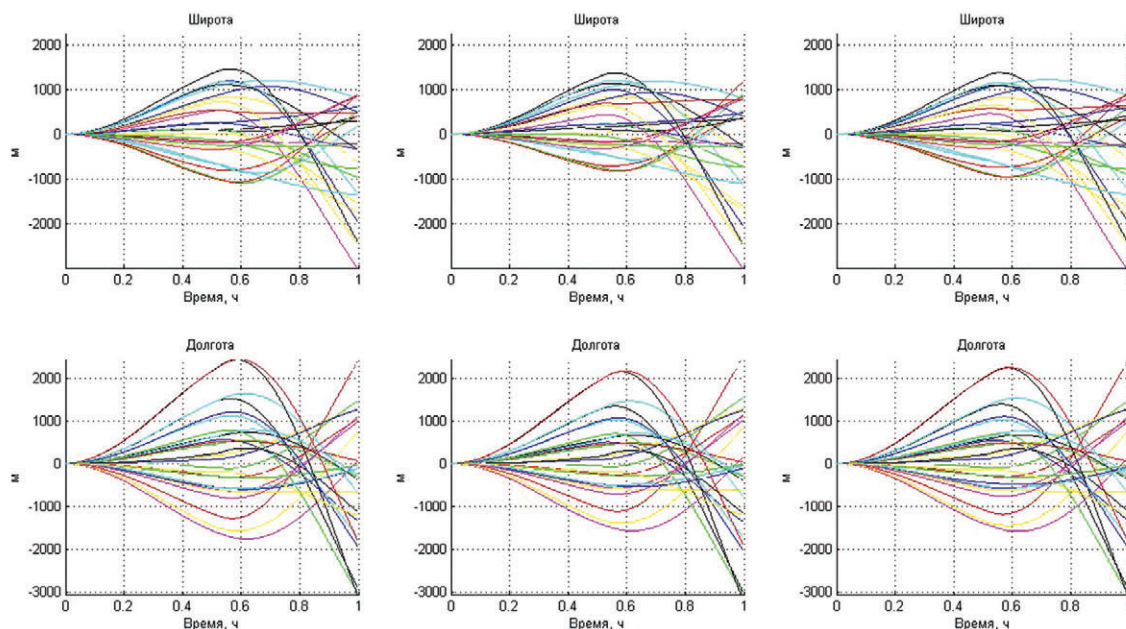


Рис. 4. Ошибки координат в автономном перерыве в шестой серии без компенсации: модель (1) – левый столбец, (2) – центральный столбец, (3) – правый столбец

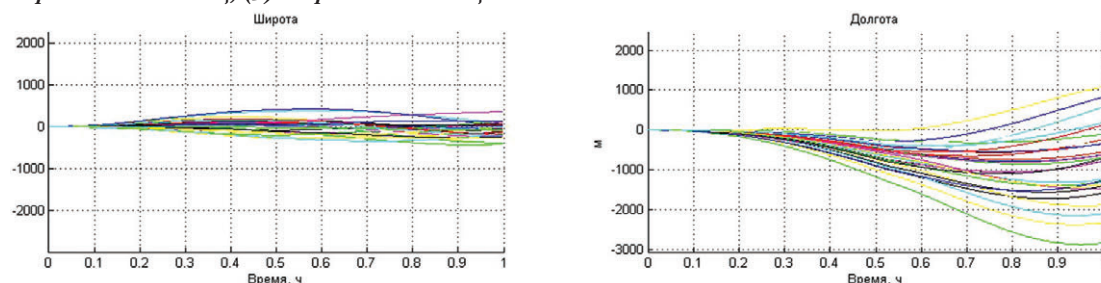


Рис. 5. Погрешности координат в автономном перерыве в шестой серии для модели (2_k)

Таблица 3

Характеристические величины для вычисления матриц ФК

	ψ	θ	γ	v_N, v_E, v_D , м/с	φ, λ , рад	h , м	$d\omega_p$, рад/ч	db_p , м/с	$k_{g,i}$	$k_{a,i}$	$G_{ij}U_{ij}$, рад
СКО	0,167	0,0134	0,0146	1	0,00015	100	$4,848 \cdot 10^{-6}$	0,1	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4,848 \cdot 10^{-6}$
k	1	1	1	1	1	1	$4,848 \cdot 10^{-6}$	1	1,0	0,001	1,0
k_p	1	1	1	1	1	1	10 000	100	1	1	1 000 000
k_R				10	1						

ния коррекция ограничивается только компенсацией ошибок измерений ИД с помощью имеющихся калмановских оценок.

Таким образом, в области теоретического развития и практического применения методов комплексирования инерциальной и спутниковой информации в ИИСНС получен новый научный результат: увеличение размерности ФК в ПМО ИИСНС за счет разделения ошибок измерений ИД на аддитивные (смещение нуля и дрейф) и мультипликативные (погрешность МК и неортогональность осей чувствительности) нецелесообразно. Как показывает имитационное моделирование на реальных полетных данных, получить достоверные оценки погрешности МК и параметров неортогональности гироскопов и АК в полете за ограниченное время не представляется возможным ввиду их плохой наблюдаемости. В то же время использование в алгоритмах компенсации недоверенных оценок указанных погрешностей приводит к ухудшению точности функционирования ИИСНС в автономном режиме, которая принята в качестве критерия в настоящем исследовании. Минимальная погрешность функционирования ИИСНС в автономном режиме достигается при использовании в составе ФК и алгоритмах компенсации простейшей модели ошибок ИД.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-07-00587

ЛИТЕРАТУРА

1. Кальченко А. О., Вавилова Н. Б., Голован А. А. Построение алгоритма послеполетной калибровки БИНС и анализ его точности в зависимости от некоторых типов эволюций самолета // XX Санкт-Петербургская международ. конф. по интегрированным навигационным системам. – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2013.
2. Козн А., Требухов А. ЛИНС-100 РС – интегрированная система ИНС\GPS\ГЛОНАСС нового поколения для авиационного применения // XIX Санкт-Петербургская международ. конф. по интегрированным навигационным системам. – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012.
3. Субханкулова Г. А., Вавилова Н. Б. Анализ точности алгоритма навигации подводного аппарата с использованием БИНС // XXIII Санкт-Петербургская международ. конф. по интегрированным навигационным системам. – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016.
4. Бромберг П. В. Теория инерциальных систем навигации. – М.: Наука, 1979. – 291 с. ■

Основное требование при статистической обработке экспериментальных записей колебаний корпуса судна при его движении во льдах связано с получением несмещенных оценок корреляционной функции и спектральной плотности (в терминологии [1]), т.е. совпадением математического ожидания оценки с искомыми функциями. Эта сложная задача решается с помощью выбора определенных статистических параметров, влияющих на точность результатов расчета. К ним относятся длина реализации T случайного процесса колебаний $\xi(t)$ на интервале $t \in (0, T)$; временной сдвиг

корреляционной функции τ ; точка усечения корреляционной функции τ_M ; весовая функция $\lambda(\tau)$; интервал дискретности исходных данных Δ , вызванный преобразованием непрерывных записи колебаний в дискретную последовательность ее значений. Влияние T , τ , τ_M , $\lambda(\tau)$ на достоверность спектральных характеристик проанализировано в работе [2].

В настоящей статье основное внимание уделяется погрешности, вносимой Δ при вычислении оценок математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции. За меру точности принимается дисперсия указанных оценок, вычисленная для непрерывных функций и их дискретных последовательностей. На выбор величины интервала дискретности дополнительно накладываются два ограничения. Первое связано с тем, что погрешность, вносимая Δ , будет минимальной в случае, когда отношение дисперсий оценок, рассчитанных по дискретной последовательности, к оценке, определенной по непрерывной реализации, не превысит некоторого числа ψ . В рамках второго ограничения устанавливается минимальное количество ординат, необходимое для выявления с определенной достоверностью всех частот в составе исходной многомерной реализации колебательно-го процесса. Эксперименты показали, что при исследовании ледовой вибрации можно ограничиться пятью низшими тонами колебаний [3].

Фрагмент записи случайных колебаний корпуса ледокола «Владивосток» при ходе в крупнобитых десятибалльных заснеженных льдах Восточно-Сибирского моря ($h_d = 150-180$ см, $h_{сн} = 20-30$ см) со скоростью 10,6 уз представлен на рис. 1.

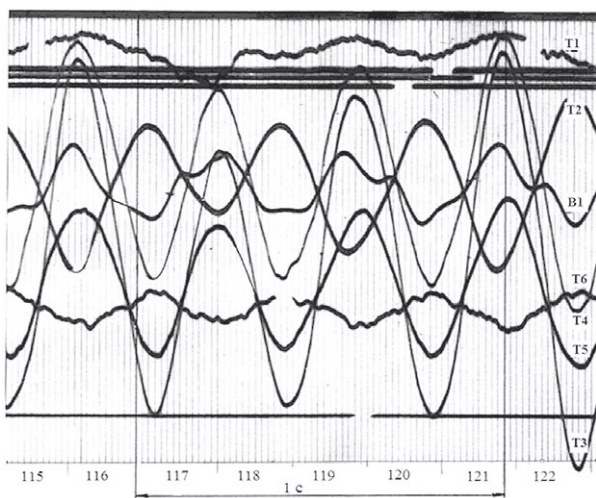


Рис. 1. Запись напряжений T и вертикальных ускорений B на верхней палубе ледокола «Владивосток» при его движении со скоростью 10,6 уз в крупнобитых заснеженных, 10-балльных льдах Восточно-Сибирского моря

Толщина льда $h_d = 150-180$ см, высота снега $h_{сн} = 20-30$ см

ДИСКРЕТИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ЗАПИСЕЙ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ КОРПУСА ПРИ ДВИЖЕНИИ СУДНА ВО ЛЬДАХ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В.С. Кудишкин, гл. специалист АО «Гипрорыбфлот»,
контакт. тел. (812) 320 7079

Запись содержит показания вибро- и тензодатчиков, установленных на верхней палубе по всей длине судна.

Дискретизация осциллограммы осуществлена вручную через равноотстоящие интервалы времени Δt в моменты $t_i = i\Delta t = \Delta i$, $i=1,2, \dots, N$. Общая длина записи составила $T = 45,4$ с. При $\Delta = 0,0172$ с число точек деления N оказалось равным 2640. Ординаты кривых отсчитывались от одной базовой линии. Такой весьма трудоемкий способ обработки осциллограммы применялся на начальных стадиях изучения ледовой вибрации. С появлением считывающих устройств и электронных регистраторов указанные операции значительно упростились. Полученная цифровая информация кодировалась для выполнения расчетов на ЭВМ.

Корреляционную функцию принимаем в виде, приведенном в работе [2]:

$$K_{\xi}(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} (D'_{n_c} + D''_{n_c} e^{-s|\tau|}) \cos \omega_n \tau, \quad (1)$$

где D'_{n_c} – дисперсия периодической составляющей, мм^2 ; D''_{n_c} – дисперсия экспоненциально-косинусной составляющей, мм^2 ; s – декремент, с^{-1} ; ω_n – круговая частота колебаний, с^{-1} .

Индекс n указывает на тон собственных колебаний корпуса.

Корреляционная функция этого типа представлена на рис. 2.

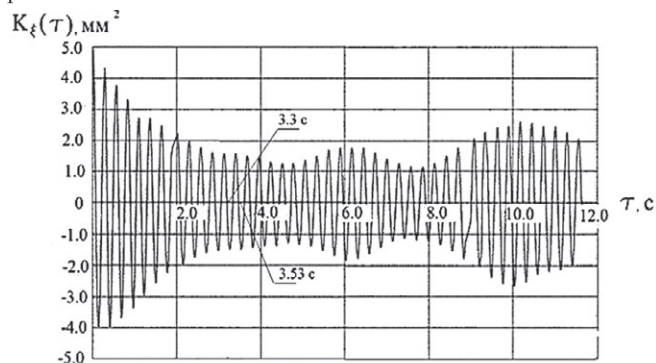


Рис. 2. Эмпирическая кривая корреляционной функции колебаний корпуса ледокола «Капитан Мелехов» при движении со скоростью 6–7 уз во льдах Карского моря толщиной $h_d \approx 35$ см

Поскольку в данном примере (см. рис. 2) рассматриваются колебания только первого тона (резонансные колебания), далее знак суммы опущен.

Рассмотрим отдельно влияние дисперсии оценки математического ожидания, дисперсии оценки дисперсии и дисперсии оценки корреляционной функции на точность результатов спектра для принятого вида корреляционной функции (1) с параметрами аппроксимации $s = 0,4 \text{ с}^{-1}$, $\omega_1 = 23 \text{ с}^{-1}$ ($f_1 = 3,66 \text{ Гц}$).

Дисперсия оценки математического ожидания с корреляционной функцией (1) равна [1]

$$\sigma_{M_{\xi}}^2(T) = \frac{2}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) K_{\xi}(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где K_{ξ} для простоты вычислений запишем в форме Эйлера:

$$K'_{\xi} = \frac{D'_{\xi}}{2}(e^{i\omega\tau} + e^{-i\omega\tau}) \quad (3)$$

$$и \quad K''_{\xi} = \frac{D''_{\xi}}{2}e^{-|\tau|}(e^{+i\omega\tau} + e^{-i\omega\tau}) = \frac{D''_{\xi}}{2}(e^{-\alpha\tau} + e^{-\beta\tau}), \quad (4)$$

где $\alpha = s + i\omega$, $\beta = s - i\omega$.

Ясно, что дисперсия оценки математического ожидания периодической составляющей корреляционной функции K'_{ξ} , имеющей постоянную величину, равна нулю ($\sigma^2_{M_{\xi}} = 0$). Для экспоненциально-косинусной составляющей K''_{ξ} дисперсию оценки математического ожидания по непрерывной реализации вычислим по формуле (2). Подставляя в (2) выражение для K''_{ξ} , выполняя интегрирование и пренебрегая членами порядка $\frac{1}{T^2}$, получаем

$$\sigma^2_{M_{\xi}}(T) = \frac{D''_{\xi}}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) [e^{-\alpha\tau} + e^{-\beta\tau}] d\tau = \frac{D''_{\xi}}{T} \left[\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} \right] = \frac{2D''_{\xi}}{Ts} \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{s}\right)^2} \right]. \quad (5)$$

Запишем выражение дисперсии оценки математического ожидания дискретной последовательности для корреляционной функции, заданной в форме Эйлера, в виде

$$\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta) = \frac{1}{N} \left[K'_{\xi}(0) + 2 \sum_{k=1}^{N-1} \left(1 - \frac{k}{N}\right) K''_{\xi}(k, \Delta) \right], \quad (6)$$

$$где \quad K'_{\xi}(N, \Delta) = \frac{D'_{\xi}}{2} [e^{-\alpha N} + e^{-\beta N}]; \quad (7)$$

$\alpha = (s + i\omega)\Delta$, $\beta = (s - i\omega)\Delta$; N – число членов последовательности.

Частичные суммы в (6) вычислим на основании рекуррентных зависимостей при изменении k от 0 до N . Тогда

$$\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta) = \frac{D'_{\xi}}{N} \left\{ 1 + \frac{e^{-\alpha} (1 - e^{-\alpha(N-1)})}{1 - e^{-\alpha}} + \frac{e^{-\beta} (1 - e^{-\beta(N-1)})}{1 - e^{-\beta}} - \frac{1}{N} \left[\frac{e^{-\alpha} \{1 - e^{-\alpha(N-1)} [e^{-\alpha} + N(1 - e^{-\alpha})]\}}{(1 - e^{-\alpha})^2} + \frac{e^{-\beta} \{1 - e^{-\beta(N-1)} [e^{-\beta} + N(1 - e^{-\beta})]\}}{(1 - e^{-\beta})^2} \right] \right\}. \quad (8)$$

Пренебрегая членами порядка $\frac{1}{N^2}$, имеем

$$\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta) = \frac{D'_{\xi}}{N} \left[\frac{1 - e^{-(\alpha+\beta)}}{(1 - e^{-\alpha})(1 - e^{-\beta})} \right] \quad (9)$$

или в обычной форме записи

$$\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta) = \frac{D'_{\xi}}{N} \left(\frac{1 - e^{-2s\Delta}}{1 - 2e^{-s\Delta} \cos \omega\Delta + e^{-2s\Delta}} \right). \quad (10)$$

В табл. 1 представлены результаты расчетов дисперсии оценок математического ожидания по дискретной последо-

вательности и непрерывной реализации, соответственно по формулам (9) и (5), при различных значениях интервала дискретности Δ для корреляционной функции, изображенной на рис. 1. В таблице также приведены значения коэффициента Ψ , определяемого по формуле

$$\Psi = \frac{\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta)}{\sigma^2_{M_{\xi}}(T)}. \quad (11)$$

В отдельном столбце табл. 1 указано число ординат m , укладываемых в одном периоде колебаний первого тона $\tilde{\tau}_1 = 0,273$ с ($f_1 = 3,66$ Гц) корпуса ледокола «Капитан Мелехов», рассчитанное по выбранным интервалам дискретности. Графики функций Ψ и m в зависимости от Δ приведены на рис. 3.

График рис. 3 дает наглядное представление об изменениях Δ и m в зависимости от относительной погрешности ψ . Например, с 5%-ной ошибкой интервал дискретности $\Delta = 0,03$ с, а количество целочисленных ординат $m = 9$. Данного количества ординат достаточно только для выявления на исходной записи колебаний двух первых частот спектра. Высокочастотные компоненты разложения корреляционной функции можно получить при задании Ψ менее 2–2,5% и увеличении, соответственно, числа ординат за период колебаний I тона до $m = 18 - 20$ (рис. 3). Для приближенного вычисления числа ординат предлагается модифицированная формула [4]

$$m \geq \frac{\omega_1 n \tilde{\tau}}{\pi} + 1. \quad (12)$$

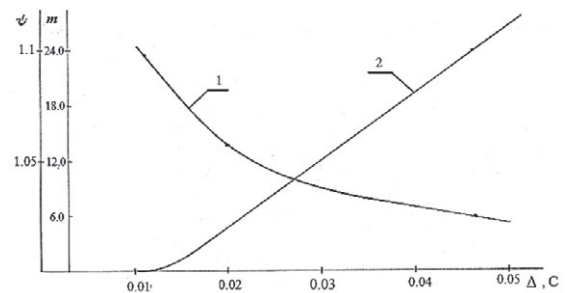


Рис. 3. Графики зависимостей: 1 – $m = f(\Delta)$; 2 – $\Psi = f(\Delta)$

Дисперсию оценок дисперсии непрерывной реализации для корреляционной функции, заданной в форме Эйлера (7), вычислим по формуле

$$\sigma^2_{D_{\xi}}(T) = \frac{4}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) K_{\xi}''^2(\tau) d\tau, \quad (13)$$

$$где \quad K_{\xi}''^2(\tau) = \frac{D_{\xi}''^2}{4} (e^{-2\alpha|\tau|} + e^{-2\beta|\tau|} + 2^{-\gamma|\tau|}). \quad (14)$$

В формуле (14) $(\alpha + \beta) = \gamma$.

Подставляя $K_{\xi}''^2$ в выражение (13) и интегрируя в заданных пределах, получаем

$$\sigma^2_{D_{\xi}}(T) = \frac{D_{\xi}''^2}{T} \left\{ \frac{1}{2\alpha} \left[1 - \frac{1}{2T\alpha} (1 - e^{-2\alpha T}) \right] + \frac{1}{2\beta} \left[1 - \frac{1}{2T\beta} (1 - e^{-2\beta T}) \right] + \frac{2}{\gamma} \left[1 - \frac{1}{T\gamma} (1 - e^{-\gamma T}) \right] \right\}. \quad (15)$$

Таблица 1

Таблица значений дисперсии оценок математического ожидания по непрерывной реализации $\sigma^2_{M_{\xi}}(T)$ и ее дискретной последовательности $\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta)$ для корреляционной функции, заданной в виде (1)

Время записи T , с	Число членов последовательности N	Число ординат за период колебаний на частоте $f_1 = 3,66$ Гц; $m = \frac{\tilde{\tau}}{\Delta}$	Интервал дискретности Δ , с	Дисперсия оценок математического ожидания		$\Psi = \frac{\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta)}{\sigma^2_{M_{\xi}}(T)}$
				по дискретной последовательности $\sigma^2_{M_{\xi}}(N, \Delta)$	по непрерывной реализации $\sigma^2_{M_{\xi}}(T)$	
27,84	2400	23,53	0,0116	$0,52 \times 10^{-4}$	$0,542 \times 10^{-4}$	0,9594
31,68	1584	13,65	0,02	$0,486 \times 10^{-4}$	$0,477 \times 10^{-4}$	1,018
27,84	1200	11,76	0,0232	$0,561 \times 10^{-4}$	$0,542 \times 10^{-4}$	1,035
27,84	600	5,88	0,0464	$0,597 \times 10^{-4}$	$0,542 \times 10^{-4}$	1,1

Пренебрегая членами порядка $\frac{1}{T^2}$, имеем

$$\sigma_{D_{\xi}}^2(T) = \frac{D_{\xi}^2}{T} \left(\frac{1}{2(s+i\omega)} + \frac{1}{2(s-i\omega)} + \frac{2}{2s} \right) = \frac{D_{\xi}^2}{T} \left(\frac{2s^2 + \omega^2}{s(s^2 + \omega^2)} \right). \quad (16)$$

Дисперсию оценки дисперсии дискретной последовательности для корреляционной функции в виде (7) определим по выражению [1]

$$\sigma_{D_{\xi}}^2(N, \Delta) = \frac{2}{N} \left[K_{\xi}^2(0) + 2 \sum_{k=1}^N K_{\xi}^2(k, \Delta) \right], \quad (17)$$

где $K_{\xi}^2(N, \Delta) = \frac{D_{\xi}^2}{4} (e^{-2\alpha N} + 2e^{-2sN} + e^{-2\beta N}). \quad (18)$

В формуле (18) $\alpha + \beta = 2s\Delta$.

Подставляя (18) в (17), вычисляя частичные суммы, приведем (18) к виду

$$\sigma_{D_{\xi}}^2(N, \Delta) = \frac{D_{\xi}^2}{N} \left[\frac{2e^{-2s\Delta}(1 - e^{-2sN\Delta})}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2\alpha(N+1)}}{1 - e^{-2\alpha}} + \frac{1 - e^{-2\beta(N+1)}}{1 - e^{-2\beta}} \right]. \quad (19)$$

Пренебрегая членами порядка $e^{-2\alpha N\Delta}$ и ниже, имеем

$$\sigma_{D_{\xi}}^2(N, \Delta) = \frac{D_{\xi}^2}{N} \left[\frac{2e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1}{1 - e^{-2\alpha}} + \frac{1}{1 - e^{-2\beta}} \right], \quad (20)$$

или в обычной форме записи

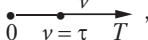
$$\sigma_{D_{\xi}}^2(N, \Delta) = \frac{2D_{\xi}^2}{N} \left(\frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right). \quad (21)$$

Расчеты, выполненные по формулам (16) и (21) при различных интервалах дискретности и заданных параметрах корреляционной функции, представлены в табл. 2 при $\tau_k = p_k = 0$.

Из нее следует, что погрешность, обусловленная дисперсией оценки дисперсии при дискретизации непрерывной записи колебаний корпуса ледокола «Капитан Мелехов», во всем диапазоне исследованных Δ равна 0.

Формула для дисперсии оценки корреляционной функции по непрерывной реализации запишем в виде [1]

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(T) = \frac{2}{(T-\tau)} \int_0^{T-\tau} \left(1 - \frac{v}{T-\tau} \right) \times \times [K_{\xi}^2(v) + K_{\xi}(v+\tau)K_{\xi}(v-\tau)] dv. \quad (22)$$

Рассмотрим $e^{|v-\tau|}$ в интервале $0 \leq v \leq T-\tau$ 

где $0 \leq \tau \leq v$; $e^{-|v-\tau|} = e^{-(\tau-v)}$;

$\tau \leq v \leq T$; $e^{-|v-\tau|} = e^{-(v-\tau)}$.

Тогда исходный интеграл (22) распадается на три интеграла с разными пределами интегрирования. Подстановка (4) в (22) приводит к виду

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(T) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{2(T-\tau)} \left\{ \int_0^{T-\tau} \left(1 - \frac{v}{T-\tau} \right) (e^{-2\alpha v} + e^{-2\beta v} + 2e^{-(\alpha+\beta)v}) dv + \right. \\ \left. + \int_0^{\tau} \left(1 - \frac{v}{T-\tau} \right) (e^{-\alpha(v+\tau)} + e^{-\beta(v+\tau)}) (e^{-\alpha(\tau-v)} + e^{-\beta(\tau-v)}) dv + \right. \\ \left. + \int_{\tau}^{T-\tau} \left(1 - \frac{v}{T-\tau} \right) (e^{-\alpha(v+\tau)} + e^{-\beta(v+\tau)}) (e^{-\alpha(v-\tau)} + e^{-\beta(v-\tau)}) dv \right\}. \quad (23)$$

Интегрируя (23) и пренебрегая членами порядка $\frac{1}{T^2}$, $\frac{e^{-2\alpha T}}{T}$, $\frac{e^{-2\alpha \tau}}{T^2}$ и $\frac{e^{-2\alpha \tau}}{T^2}$, имеем

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(T) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{2(T-\tau)} \left\{ \tau(e^{-2\alpha \tau} + e^{-2\beta \tau}) + \frac{1 - e^{-2\alpha \tau}}{2\alpha} + \frac{1 - e^{-2\beta \tau}}{2\beta} + \right.$$

$$\left. + \frac{2 + e^{-2\alpha \tau} + e^{-2\beta \tau}}{\alpha + \beta} + \frac{1 - e^{-2\alpha \tau}}{\alpha - \beta} + \frac{1 - e^{-2\beta \tau}}{\beta - \alpha} \right\}, \quad (24)$$

или, переходя к обычной форме, запишем (24) в виде

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(T) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{(T-\tau)} \left\{ \frac{2s^2 + \omega^2}{2s(s^2 + \omega^2)} + \left[\tau + \frac{2s^2 + \omega^2}{2s(s^2 + \omega^2)} \right] e^{-2s\tau} \cos 2\omega\tau + \right. \\ \left. + \frac{s^2}{2\omega(s^2 + \omega^2)} e^{-2s\tau} \sin 2\omega\tau \right\}. \quad (25)$$

Для периодической составляющей (3) выражение (25) значительно упрощается:

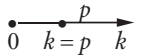
$$\sigma_{K_{\xi}}^2(T) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{(T-\tau)} (e^{2i\omega\tau} + e^{-2i\omega\tau}) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{(T-\tau)} \tau \cos 2\omega\tau. \quad (26)$$

Формула (25) совпадает с аналогичным выражением, полученным в работе [4] и уточняет формулу, приведенную в [5].

Дисперсию оценки корреляционной функции по дискретной последовательности можно вычислить по формуле [1]

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(p, \Delta) = \frac{1}{N-p} \left\{ \frac{K_{\xi}^2(0) + K_{\xi}^2(p, \Delta) + 2 \sum_{k=1}^{N-p-1} (1 - \frac{k}{m-p}) [K_{\xi}^2(k, \Delta) + K_{\xi}(k+p, \Delta)K_{\xi}(k-p, \Delta)]}{N-p} \right\}, \quad (27)$$

где N – число членов в последовательности; $p = \frac{\tau}{\Delta}$ – число сдвигов в последовательности.

Рассмотрим $e^{|k-p|}$ в интервале $0 \leq k \leq N-p-1$ 
где $0 < k < p$; $e^{-|k-p|} = e^{-(p-k)}$; $p \leq k \leq N-p-1$; $e^{-|k-p|} = e^{-(k-p)}$.

Тогда общая сумма (27) распадается на ряд частичных сумм. Принимая корреляционную функцию в виде (7) и подставляя в (27), запишем выражение для частичных сумм:

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(p, \Delta) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{4} \left[(e^{-2\alpha k} + 2e^{-\gamma k} + e^{-2\beta k}) + (e^{-2\alpha p} + 2e^{-\gamma p} + e^{-2\beta p}) \right] + \\ + \frac{(D_{\xi}^2)^2}{2} \left\{ \sum_{k=1}^{N-p-1} e^{-2\alpha kp} + 2e^{-\gamma p} + e^{-2\beta p} + \sum_{k=1}^{N-p-1} (e^{-\alpha|k+p|} + e^{-\beta|k+p|} \times \right. \\ \times (e^{-\alpha|k-p|} + e^{-\beta|k-p|})) \left. \right\} - \frac{(D_{\xi}^2)^2}{2(N-p)} \left\{ \sum_{k=1}^{N-p-1} k(e^{-2\alpha k} + 2e^{-\gamma k} + e^{-2\beta k}) - \right. \\ \left. - \sum_{k=1}^p k[e^{-2\alpha p} + e^{-2\beta p} + e^{-\gamma p} (e^{\Phi k} + e^{-\Phi k})] + \sum_{k=0}^{N-p-1} k[e^{-2\alpha k} + e^{-2\beta k} + \right. \\ \left. + e^{-\gamma k} (e^{\Phi p} + e^{-\Phi p})] - \sum_{k=0}^p k[e^{-2\alpha k} + e^{-2\beta k} + e^{-\gamma k} (e^{\Phi p} + e^{-\Phi p})] \right\}. \quad (28)$$

В выражении (28) обозначено:

$\gamma = 2s\Delta$; $\Phi = \beta - \alpha = 2i\omega\Delta$; $-\Phi = \alpha - \beta = -2i\omega\Delta$.

Суммируя почленно (28) и пренебрегая членами порядка $\frac{1}{(N-p)^2}$, получаем

$$\sigma_{K_{\xi}}^2(p, \Delta) = \frac{(D_{\xi}^2)^2}{N-p} \left\{ \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1}{2} \frac{2 - e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta})}{1 - e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta})} + e^{-4s\Delta} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left[p + \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1}{2} \frac{2 - e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta})}{1 - e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta})} + e^{-4s\Delta} \right] e^{-2s\Delta p} + \right. \\ \left. + e^{-2i\omega\Delta p} + \frac{1}{4} \left[\frac{e^{i\omega\Delta} + e^{-i\omega\Delta}}{e^{i\omega\Delta} - e^{-i\omega\Delta}} + \frac{e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} - e^{-2i\omega\Delta})}{1 - e^{-2s\Delta} (e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta})} + e^{-4s\Delta} \right] e^{-2s\Delta p} \times \right. \\ \left. \times (e^{2i\omega\Delta p} - e^{-2i\omega\Delta p}) + \left[\frac{1}{1 - e^{-2s\Delta}} + \right. \right. \quad (29)$$

Значения дисперсии оценок корреляционной функции по непрерывной реализации $\sigma^2_{K_\xi}(T)$ и дискретной последовательности $\sigma^2_{K_\xi}(p, \Delta)$

Вре- мя за- писи T, c	Число членов последо- ва- тельнос- ти N	Шаг дис- крет- ности Δ, c	Дисперсия оценок корреляционной функции при $s=0,4, c^{-1} \omega=23 c^{-1}$														$\psi = \sigma^2_{K_{\xi}}(p, \Delta) / \sigma^2_{K_{\xi}}(T)$ при различных Δ				
			по непрерывной записи $\sigma^2_{K_{\xi}}(T)$ и различных сдвигах τ_{k_1}, c				по дискретной последовательности $\sigma^2_{K_{\xi}}(p, \Delta)$ и различных $P_k = \frac{\tau_k}{\Delta}$														
			0	1	5	10	0	21,55	43,1	50	86,2	107,75	215,5	250	431	500	862	0	0,0116	0,02	0,0232
27,84	2400	0,0116	0,089	0,03	0,05	0,07	0,089				0,03			0,05		0,07	1,0	1,0			
31,68	1584	0,02	0,079	0,026	0,04	0,057	0,079			0,026			0,04		0,057		1,0		1,0		
27,84	1200	0,0232	0,089	0,03	0,05	0,07	0,089		0,03			0,051	0,05		0,07		1,0			1,0	
27,84	600	0,0464	0,089	0,03	0,052	0,07	0,089	0,03				0,051	0,07				1,0				1,0

$$+ \frac{1}{2} \frac{(e^{2i\omega(N-p)\Delta} + e^{-2i\omega(N-p)\Delta}) - [e^{-2s\Delta}(e^{2i\omega\Delta(N-p-1)} + e^{-2i\omega\Delta(N-p-1)})]}{1 - e^{-2s\Delta}(e^{2i\omega\Delta} + e^{-2i\omega\Delta}) + e^{-4s\Delta}} \times e^{-2s(N-p)\Delta} \}.$$

Перепишем полученное выражение (29) в обычной форме:

$$\sigma^2_{K_\xi}(p, \Delta) = \frac{(D_\xi^*)^2}{N-p} \left\{ \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} + \left[p + \frac{e^{-2s\Delta}}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{1 - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta p} \cos 2\omega\Delta p + \left[\frac{1}{2} \operatorname{ctg} \omega\Delta - \frac{e^{-2s\Delta} \sin 2\omega\Delta}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta p} \sin 2\omega\Delta p + \left[\frac{1}{1 - e^{-2s\Delta}} + \frac{\cos 2\omega\Delta(N-p) - e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta(N-p-1)}{1 - 2e^{-2s\Delta} \cos 2\omega\Delta + e^{-4s\Delta}} \right] e^{-2s\Delta(N-p)} \right\}.$$

Выражение (30) для периодической составляющей (3) запишем в виде

$$\sigma^2_{K_\xi}(p, \Delta) = \frac{(D_\xi^*)^2}{N-p} p \cos 2\omega\Delta p. \quad (31)$$

Результаты расчета ψ при заданных параметрах аппроксимации s, ω и шаге дискретности Δ приведены в табл. 2, из которой следует, что отношение дисперсии оценки корреляционной функции, построенной по дискретной последовательности, к дисперсии оценки по непрерывной реализации близко к единице во всем диапазоне исследуемых и слабо зависит от сдвиговых значений p . Следовательно, погрешность, вносимая заменой непрерывной реализации ее дискретной последовательностью, для рассмотренных интервалов дискретности равна нулю.

Таким образом, из трех рассмотренных параметров дисперсии оценок математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции, определяющих точность результатов, связанных с заменой исходной реализации дискретной последовательностью ее значений, наибольшее влияние на достоверность спектральных характеристик оказывает дисперсия оценок математического ожидания. В диапазоне изменения относительной погрешности оценки математического ожидания ψ от нуля до 5% ошибка по дисперсии оценок дисперсии и корреляционной функции не превышает нулевого значения. Из рис. 3 видно, что уменьшение интервала дискретности приводит к уменьшению погрешности спектра. В отличие от дисперсии оценки математического ожидания относительная погрешность дисперсии оценки дисперсии и корреляционной функции слабо зависят от числа ординат исходных данных в исследуемом диапазоне 6 – 24 ординаты. В качестве примера на рис. 4 приведены графики спектральной плотности колебаний корпуса дизель-электрохода «Обь» при движении судна в мелкобитых заснеженных антарктических льдах сплоченностью 7 – 8 баллов (море Дейвиса) при толщине льда $h_{\text{л}} = 150$ см, высоте снежного покрова $h_{\text{сн}} = 50$ см и скорости $v = 3,6$ уз. Расчеты спектральной плотности выполнены для различных значений интервала дискретности: $\Delta_1 = 0,0198$ с, $\Delta_2 = 0,0396$ с.

Из рис. 4 следует, что графики 1 и 2 идентичны. Собственные частоты ледовой вибрации по тонам колебаний равны: I тон – 1,67 Гц; II тон – 3,28 Гц. Некоторое несовпадение величин спектра по I тону связано с недостаточным временем записи колебательного процесса [2]. Для анализируемого колебания оно составило по интервалам дискретности Δ_1 и Δ_2 , соответственно, $T_1 = 39,91$ с, $T_2 = 57,49$ с.

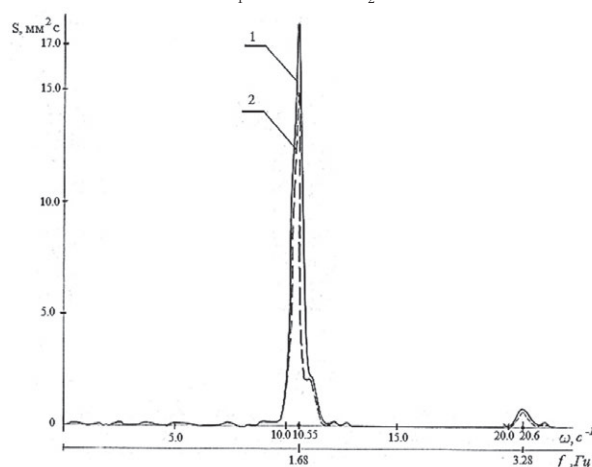


Рис. 4. Эмпирические кривые спектральной плотности колебаний корпуса дизель-электрохода «Обь» при движении судна в мелкобитых антарктических льдах сплоченностью 7–8 баллов (море Дейвиса) при толщине льда $h_{\text{л}} = 150$ см, высоте снега $h_{\text{сн}} = 50$ см, скорости $v = 3,6$ уз $1 - \Delta = 0,0198$ с; $2 - \Delta = 0,0396$ с

На основании выполненных исследований по дискретизации непрерывных записей упругих случайных колебаний корпуса судна при его движении во льдах можно заключить:

- разработанная методика позволяет с заданной точностью выбрать интервал дискретности и число ординат за период колебаний для расчетов спектра;
- данная методика является частью общей методики по определению статистических параметров, обеспечивающих достоверность спектральных характеристик колебаний корпуса судна при его движении в ледовых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лифшиц Н.А., Пугачев В.С. Вероятностный анализ систем автоматического управления. – М.: Сов. Радио, 1963.
2. Кудишкин В.С. Опыт применения спектрального метода для определения собственных частот колебаний корпуса судна при его движении во льдах // Судостроение. – 2016. – № 6.
3. Кудишкин В.С. Возбуждение вертикальных упругих колебаний корпуса при движении во льдах. – Тр. ААНИИ. – 1973. – Т. 309, с. 123–131.
4. Солодовников В.В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления. – М.: Физматгиз. – 1960.
5. Рожков В.А. Длина реализации и точка усечения коррелограммы как параметры эмпирического спектрального анализа записей волнения. – Тр. ГОИН. – 1968. – Вып. 93. ■

С 11 по 14 апреля 2018 г. в г. Ченнаи (штат Тамилнаду, Индия) прошла Международная выставка сухопутных и морских вооружений «Дефекспо Индия-2018». В ней приняло участие АО «ЦМКБ «Алмаз» в составе единой экспозиции АО «ОСК» с проектами корвета 20382 «Тигр» и легкого корвета 22800Э «Каракурт-Э». Кроме того, на стенде АО «ОСК» были представлены проекты противоминного корабля базовой зоны (пр. 12701) и рейдового тральщика (пр. 10750Э), а также спасательного судна (пр. 21301).

Все российские участники выставки были представлены в первом из семи павильонов. Помимо индийских компаний, таких как Goa Shipyard, Mazagon Dock Shipbuilders, Garden Reach Shipbuilders & Engineers, Cochin Shipyard, Larsen & Toubro Defence, MKU, KALYANI Group и др., в мероприятии приняли участие известные фирмы, например, французские Naval Group (ex-DCNS), THALES, SAFRAN, Nexter Robotics и Airbus Helicopters, израильские Elbit Systems и IAI, британская компания MacTaggart Scott и BAE Systems, шведская SAAB и др.

В первые три дня работы выставки – 11, 12 и 13 апреля – стенды ее участников посетили официальные представители и делегации. 14 апреля выставку смогли бесплатно осмотреть все желающие.

К сожалению, вследствие политической игры различных групп влияния в индийских правящих кругах место и сроки проведения данной выставки были изменены по сравнению с 2016 г. Одни силы стремились провести выставку традиционно в столице – г. Нью-Дели, другие – в г. Квитол (Юж.Гоа), где она проходила ранее. В конечном итоге победителем этой борьбы стал г. Ченнаи в штате Тамилнаду, уроженкой которого является недавно назначенная министр обороны

АО «ЦМКБ «АЛМАЗ» НА ВЫСТАВКЕ «ДЕФЕКСПО ИНДИЯ-2018»

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



Экспозиция ОСК

Индии Nirmala Sitharaman. Это повлекло за собой возникновение ряда негативных моментов: во-первых, площадка не была надлежащим образом подготовлена для проведения крупномасштабного мероприятия, из-за отсутствия специально предназначенных для выставочных целей капитальных сооружений – павильонов были оборудованы временные палатки. Не была готова соответствующая инфраструктура для приема большого числа посетителей и участников выставки, по дороге к месту ее проведения возникали массовые пробки на дорогах, погрузочно-разгрузочные работы, в том числе и доставка экспонатов со склада до стенда и обратно осуществлялась непрофессио-

налами при помощи подручных средств. В результате экспонаты некоторых участников выставки прибыли в поврежденном, а порой и в разбитом состоянии.

Время проведения – апрель – также оказалось не очень удачным: температура наружного воздуха поднялась до 37 °С; в конце февраля, как планировалось ранее, такие высокие температуры, как правило, не наблюдаются.

Но был ряд и положительных моментов: во-первых, выставка стала ключевым событием в жизни города Ченнаи, а возможно, и всего штата Тамилнаду, ее посетили премьер-министр Индии Narendra Modi и министр обороны Nirmala Sitharaman, что говорит о том, что официальный Дели рассматривает эту выставку как важный политический инструмент в деле укрепления оборонно-промышленного потенциала страны.

Во-вторых, по числу посетителей данная выставка оказалась рекордной.

В целом выставка прошла успешно. Экспозиция ЦМКБ «Алмаз» привлекла внимание представителей индийской судостроительной промышленности, наши специалисты получили представление о потребностях и возможностях индийской промышленности, о стремлении военно-политического руководства к максимальному «одомашниванию» производства вооружения и военной техники, а также к освоению передовых технологий зарубежных стран как для нужд национальных вооруженных сил, так и в интересах экспортных поставок в Юго-Восточной Азии. ■



Посетители у модели спасательного судна пр. 21301

Весной нынешнего года 70-летний юбилей отметило Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит» – создатель многоцелевых атомных подводных лодок отечественного военно-морского флота, а в июле исполняется 60 лет с момента подъема флага на первенце советского атомного подводного флота. В отступление от установленного порядка военно-морской флаг на К-3 пр. 627 по решению специально прибывшего на завод № 402 главнокомандующего ВМФ адмирала флота С. Г. Горшкова подняли задолго до передачи флоту, сразу после завершения заводских швартовых испытаний – 1 июля 1958 г.

История создания этого корабля описана его непосредственными участниками довольно полно. Опубликовано немало воспоминаний военных моряков, служивших на спроектированных СПМ-БМ «Малахит» подводных атомоходах первого поколения, в том числе корабелов и инженер-механиков*. Значительно меньше, даже в профессиональном сообществе, известно об опыте технической эксплуатации АПЛ пр. 627 А.

Уникальный опыт уже практически полностью ушедшего поколения офицеров, технических специалистов ВМФ, которым в конце 1950-х–начале 1960-х гг. пришлось в кратчайшие сроки решать сложнейшие задачи обеспечения опытной эксплуатации и ремонта первых атомных подводных кораблей, создания на флотах их судоремонтной базы и разработки ремонтной документации для принципиально новой техники до настоящего времени нашел скромное отражение лишь в немногих изданных малым тиражом трудах по истории военного судоремонта.

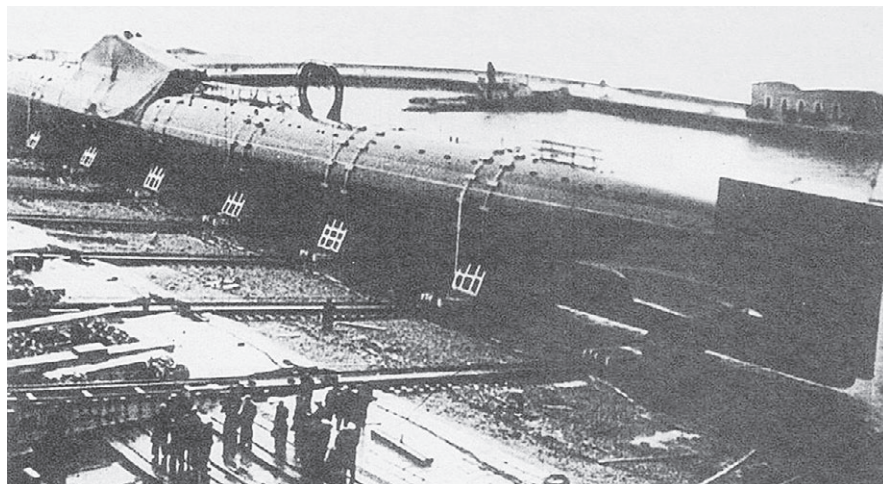
Специалисты судостроительной промышленности, участвовавшие в проектировании и строительстве серии АПЛ пр. 627 А, в своих опубликованных исторических работах в достаточной степени описали сложности, вызванные обстановкой чрезвычайной секретности принятия решения о начале работ в системе Первого Главного управления при Совете Министров СССР и Министерства судостроительной промышленности (МСП) СССР. Известно, что ВМФ не участвовал и даже не был проинформирован о начальных стадиях проектирования АПЛ («объекта № 627»), но впоследствии инициировал изменение

*К великому сожалению, не оставил своих воспоминаний вице-адмирал, д-р техн. наук М. М. Будаев (1926–1996), первый флагманский инженер-механик флотилии АПЛ Северного флота, с 1969 г. – заместитель начальника, а с 1983 г. – начальник 1 ЦНИИ МО (ныне – НИИ кораблестроения и вооружения ВУНЦ ВМФ ВМА).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

АО «51 ЦКТИС»,

контакт. тел. (812) 423 1600, 315 4945



Спуск на воду атомной подводной лодки К-3. Молотовск, 9 августа 1957 г.

ее основного назначения и корректировку технического проекта. Выпуск рабочих чертежей по откорректированному проекту закончился в первой половине 1955 г., строительство «заказа № 254» на заводе № 402 в Молотовске началась в июне 1954 г., а официальная закладка на стапеле цеха № 42 состоялась 24 сентября 1955 г. [1].

Два года спустя, 9 августа 1957 г., К-3 переместили из цеха на спусковой слип и в присутствии академика А. П. Александрова, главнокомандующего ВМФ адмирала флота С. Г. Горшкова, министра среднего машиностроения Е. П. Славского, председателя Госкомитета по судостроению Б. Е. Бутомы и первого секретаря Архангельского обкома КПСС С. П. Логинова, после доклада главного строителя В. И. Вашанцева по команде директора завода Е. П. Егорова спустили на воду. Вскоре к борту К-3 пришвартовали паротурбинный сторожевой корабль «Леопард», с борта которого смонтировали паропровод для проведения швартовых испытаний турбин подводного атомохода.

Ходовые испытания К-3 начались 22 сентября следующего года и завершились к началу декабря. По их результатам потребовалось исправление выявленных дефектов конструкции и существенное улучшение технологических процессов, ряд мер для более качественного изготовления узлов и деталей, их сборки. Для выяснения причин наиболее серьезных дефек-

тов – нарушения герметичности облобок тепловыделяющих элементов и трубных поверхностей парогенераторов – понадобились специальные НИОКР.

По результатам испытаний К-3 правительственная комиссия, назначенная специальным постановлением Совета Министров СССР, не пришла к единому мнению. Представители ВМФ во главе с председателем комиссии – заместителем главнокомандующего ВМФ адмиралом В. Н. Ивановым – и представитель Госкомитета по судостроению (МСП) Г. Д. Эрлих считали, что передавать корабль в опытную эксплуатацию ВМФ нельзя: парогенераторы и главные циркуляционные насосы 1-го контура необходимо заменить (как и ряд других механизмов, приборов и оборудования), для обеспечения надежной работы ГЭУ требуется выполнить работы по конденсатно-питательной системе и водоподготовке, силами промышленности необходимо заменить активную зону реактора правого борта. Научный руководитель проекта академик А. П. Александров, главный конструктор пр. 627 В. Н. Перегудов и другие представители промышленности предлагали передать лодку в опытную эксплуатацию с момента утверждения акта об окончании ходовых испытаний. Победила «фракция» промышленности, возглавляемая научным руководителем и главным конструктором проекта АПЛ [2. с. 65].

После рассмотрения акта правительственной комиссии в соответствующих ведомствах и ВМФ Совет Министров СССР постановлением от 17 января 1959 г. утвердил акт о приемке корабля, обязав ВМФ принять К-3 в опытную эксплуатацию, а промышленность – провести до середины года доработки ее оборудования и усовершенствование по утвержденному перечню. До начала опытной эксплуатации на К-3 необходимо было выполнить работы по 66 пунктам замечаний и предложений правительственной комиссии. Около 180 предложений требовали проведения дополнительных НИР и углубленных конструкторских проработок. Наиболее слабым звеном оказались прямоточные парогенераторы, вышедшие из строя из-за появления неплотностей в трубной системе. Трубки из нержавеющей стали оказались подвержены растрескиванию под воздействием хлоридов, содержащихся в воде 1-го контура. Этот дефект обнаружили в первом выходе на испытания К-3 (5 июля 1958 г.) – через 216 ч эксплуатации вышла из строя 4-я камера (одна из восьми) парогенератора левого борта. Впервые же дефект парогенераторов проявился еще на стенде в Обнинске.

Более чем за три года до принятия К-3 в опытную эксплуатацию, 22 октября 1955 г., не дожидаясь результатов испытаний опытной АПЛ, Совет Министров СССР принял постановление о строительстве серии кораблей по пр. 627 А.

Сегодня, зная об огромном количестве проблем с эксплуатацией и об авариях АПЛ первого поколения, в том числе с человеческими жертвами, трудно понять мотивы и основания для принятия такого государственного решения. Многие события, происходившие в нашей стране и в мире через десятилетие после окончания Второй мировой войны, а тем более их причины до сих пор остаются неизвестными. Но одно можно сказать определенно: о том, как обеспечить на флотах нормальную эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт серийных подводных лодок пр. 627 А, за которыми вскоре последовали атомные подводные ракетоносцы пр. 675 и пр. 658, если и задумывались в то время, то, вероятно, в последнюю очередь.

Учитывая занятость судостроительных заводов МСП СССР строительством новых кораблей (в 1955 г. завершалось выполнение десятилетней программы военного кораблестроения) и хронический дефицит мощностей военного судоремонта, перед созданным в апреле 1954 г. Главным управлением судоремонтных заводов (ГУ СРЗ) воен-

но-морских сил почти сразу же возникла дополнительная и очень сложная задача – подготовиться не только к эксплуатации и ремонту ранее совершенно не знакомой техники первой опытной АПЛ, но и к выполнению плановых ремонтов серийных атомных проектов 627 А, 645, 675 и 658*.

К сожалению, в условиях форсированного проектирования и весьма высоких темпов строительства серийных АПЛ первого поколения не удалось избежать целого ряда недоработок и упущений, которые устранялись в процессе ремонта и оформлялись как модернизационные работы. Главной причиной постановки кораблей в ремонт, как уже говорилось, стал преждевременный выход из строя секций парогенераторов и необходимость замены этих неремонтопригодных изделий.

Как вспоминал В. А. Каширский, первый командир минно-торпедной боевой части К-5, головной АПЛ пр. 627 А, *«... в памяти остались многочасовые совещания высших руководителей, ученых и конструкторов, проходивших в резкой и нелицеприятной обстановке. На одном из них в заполненной до отказа кают-компании «Двины» генеральный конструктор парогенераторов Генрих Алиевич Гасанов вынужден был принимать серьезную критику как разработчик и создатель ненадежной системы»*.

Тогда считалось, что заводской ремонт серийных атомных потребует не ранее пяти-шести лет после начала их эксплуатации, но первые корабли встали в ремонт уже через два-три года после вступления в строй: К-3 вернулась на завод-строитель уже 1959 г., а в середине декабря 1961 г. в Западной Лице, по месту базирования корабля, начался девятимесячный ремонт К-14 (зав. № 281, третья серийная АПЛ) силами 35-го СРЗ ВМФ.

Еще в 1958 г. ленинградский филиал Центрального конструкторско-технологического бюро (ЦКТБ) ВМФ получил техническое задание на переоборудование плавучей мастерской пр. 725, предназначавшейся только для ремонта дизель-электрических подводных лодок (ДЭПЛ) пр. 613, для выполнения текущих ремонтов одновременно эсминца и ДЭПЛ. В проект переоборудования пр. 725 А внесли принципиальные изменения, дававшие возможность обеспечить текущий ремонт АПЛ пр. 627 А. Проектные работы специально созданной

* С началом освоения заводами ВМФ ремонта АПЛ введена должность заместителя начальника ГУ СРЗ по новой технике (им стал главный инженер 13-го СРЗ капитан 2 ранга В. Г. Новиков).

группы возглавил начальник технологического отдела ЦКТБ капитан 1 ранга Г. А. Динцер.

В марте 1959 г. главнокомандующий ВМФ по докладу начальника ГУ СРЗ ВМФ вице-адмирала Л. И. Карганова принял решение о создании специализированной организации для разработки конструкторской и технологической документации для ремонта кораблей со «специальными энергетическими установками» – Специального конструкторско-технологического бюро (СКТБ).

Первым начальником 330-го СКТБ ВМФ (в/ч 26920) стал капитан 1 ранга Е. А. Смирнов, ранее возглавлявший 29-й СРЗ ВМФ. В руководящий состав бюро вошли офицеры ЦКТБ: капитаны 1 ранга Г. А. Динцер и А. А. Иванов, капитан 3 ранга Н. П. Кулин, подполковник П. Н. Пшеничный, майор Н. М. Мишонон, старший лейтенант Н. Д. Финогеев. Получили назначение в бюро и офицеры корабельной службы, уже знакомые с новой техникой: капитан-лейтенанты В. Ф. Мамлов (служил на К-3) и В. В. Плаксин (К-14). Капитан 2 ранга М. Т. Брусиловский прибыл из ремонтного отдела Технического управления Северного флота, капитан 2 ранга А. С. Лебедев – из военного представительства на судостроительном заводе № 402, капитан 2 ранга С. М. Шулаков – после окончания Военно-морской академии.

Необходимо было в кратчайшие сроки разработать организационно-технологическую схему ремонта подводных атомных на судоремонтных заводах ВМФ, выпустить первоочередные документы: положение по организации ремонта АПЛ, по организации радиационной безопасности на заводах, порядок обеспечения заводов всеми видами технической и нормативной документации, программы обучения ИТР и рабочих. В число первоочередных задач также входила разработка перечней чертежей стендов, оснастки, ЗИП и материалов.

Организация ремонта АПЛ определяла требования к составу и содержанию технологической документации. Во-первых, ремонтно-технологическую документацию следовало разработать на все объекты ремонта. Во-вторых, необходимость обеспечения его высокого качества диктовала применение унифицированных стендов для испытания оборудования перед монтажом на корабль и создания методик по проведению испытаний и проверок. Кроме того, ремонт сложного по конструктивному исполнению оборудования в условиях большой затесненности в отсеках требовал использования большого количества

специального инструмента и оснастки.

Уже в декабре 1959 г. главные технологи 330-го СКТБ ВМФ (В. Ф. Мамлов, В. В. Плаксин, Д. Н. Сагалович, Н. Д. Финогеев, С. М. Шулаков) во главе с начальником технологического отдела А. С. Лебедевым работали на заводе № 402, где строились АПЛ пр. 627 А и пр. 658, осмотрели К-3, на которой в то время заменялись парогенераторы. Следующая группа специалистов (инженеры В. И. Лейбман, С. А. Моисеев, В. Е. Смирнов и Г. В. Томсон) в начале следующего года ознакомилась с выполнением сложных и трудоемких работ по замене ободования реакторного отсека.

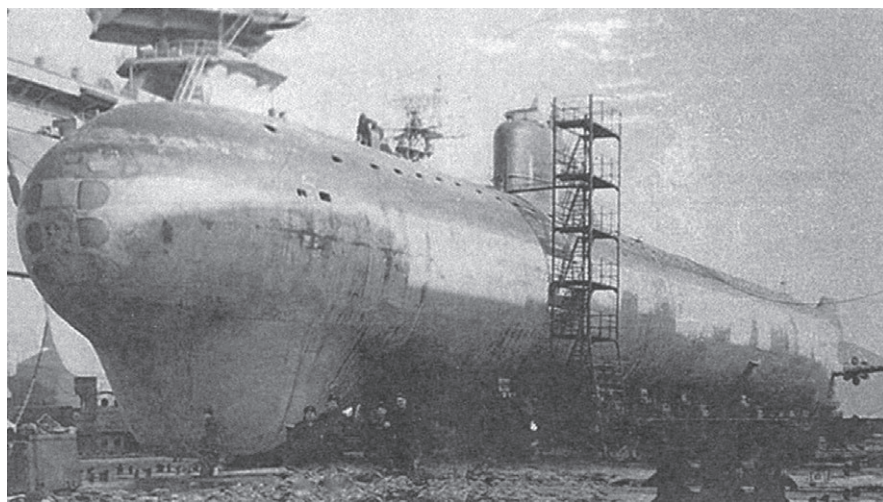
В связи с необходимостью ремонта кораблей с ядерной энергетикой началось строительство новых судоремонтных заводов (СРЗ-10, СРЗ-30, СРЗ-49), которые приняли в ремонт первые АПЛ еще до полного окончания строительства.

В 1960 г. по представлению главнокомандующего ВМФ правительство приняло решение специализировать на ремонте АПЛ 6-й СРЗ ВМФ (бывшая плавмастерская «Красный горн», с 1946 г. – в/ч 81392) в Пала-губе (Мурманск). Завод тогда возглавлял инженер-капитан 1 ранга Ю. В. Блюменберг. В начале 1961 г. главнокомандующий ВМФ поручил заводу выполнить комплекс работ по ремонту энергетической установки находившейся в опытной эксплуатации К-3 (получившей к тому времени наименование «Ленинский комсомол») с целью ее подготовки к подледному походу на Северный полюс. Специалисты 330-го СКТБ провели обучение личного состава, технологов, бригадиров завода и плавмастерской ПМ-17 по устройству лодки пр. 627 А и особенностям выполнения работ. Поскольку завод еще не мог принять К-3 к своему причалу, работы пришлось выполнять в Западной Лице силами выездных бригад под руководством главного строителя и ответственного сдатчика капитана 3 ранга В. Б. Кольнера.

После окончания ремонта К-3 совершила успешный поход на Северный полюс.

В апреле 1961 г. главнокомандующий ВМФ утвердил план подготовки 35-го и 10-го СРЗ к ремонту кораблей «со специальными энергетическими установками», в конце мая – аналогичный план для 49-го и 178-го заводов.

В соответствии с утвержденными планами первым (после К-14) значился ремонт К-52 (заводской № 283), на которой через полтора года после сдачи флоту вышли из строя несколько секций парогенераторов, поэтому летом 1961 г. основное внимание ГУ СРЗ сосредоточилось на подготовке 10-го за-



Атомная подводная лодка пр. 627А в плавучем доке

вода. Руководителем работ по реконструкции от 330-го СКТБ ВМФ стал капитан 2 ранга М. Т. Брусиловский.

В июле 1961 г. силами 330-го СКТБ и 23-го ГМПИ разработано комплексное проектное задание на реконструкцию предприятия, ставшего именоваться 10-м СРЗ ВМФ (в/ч 90124), и строительства на нем специализированного производства. В его состав первоначально вошли плавучая судоремонтная мастерская ПМ-17, плавучий док ПД-63, подготовленный к докованию АПЛ проектов 627 А и 658, и плавучая контрольно-дозиметрическая станция ПДКС-4.

К среднему ремонту К-52 на 10-м СРЗ приступили в мае 1962 г. До начала работ специалисты 330-го СКТБ ВМФ – В. В. Плаксин, С. М. Шулаков, В. Ф. Мамлов, А. Н. Тараненко, Н. Д. Финогеев, Д. Н. Сагалович и П. В. Семенов – провели обучение офицеров и ИТР завода. Весь комплекс работ на К-52 на предприятии, ранее имевшем опыт ремонта только ДЭПЛ, завершили в рекордно короткий срок – 13 месяцев.

На Дальнем Востоке силами создававшегося с марта 1959 г. на Камчатке, в б. Сельдевой 49-го СРЗ ВМФ, в октябре 1963 г. начался ремонт К-115 пр. 627 А (зав. № 288). Завод возглавлял инженер-подполковник М. О. Герцеков. Технологическая подготовка предприятия к ремонту новой техники велась под руководством 330-го СКТБ ВМФ.

Квалификация и опыт офицеров и специалистов – служащих бюро была настолько высока, что опыт и результаты совместной работы с СКБ-143 (СПМБМ «Малахит») и ЛПМБ «Рубин» сделали возможным передачу 330-му СКТБ ВМФ части функций проектанта. Существовавшее в первой половине 1960-х гг. положение требовало при возникновении любого неясного вопроса обращаться к проектанту корабля и решать его

со специалистами проектных бюро МСП, а организации и предприятия ГУ СРЗ не имели права на отступление от проекта. Уже первые ремонты АПЛ, проведенные на Севере, показали громоздкость этой системы. Она стала еще более сложной и занимающей больше времени при ремонте на Дальнем Востоке. Если подобное положение как-то оправдывалось в случае крупных модернизационных работ, то обращение к проектанту по замене марки материала, трубопроводов, арматуры, электрического кабеля и тому подобного. совершенно не удовлетворяло СРЗ, связанные жесткими сроками ремонта.

В апреле 1967 г. было подписано «Совместное решение организаций «Малахит», «Рубин» и в/ч 26920 об объеме и характере технических вопросов по ремонту и модернизации АПЛ, решение которых может осуществлять в/ч 26920 самостоятельно, на правах бюро-проектанта». Позже к нему присоединилось и СКБ-112 (ЦКБ «Лазурит»).

330-е СКТБ ВМФ получило широкие права, распространявшиеся на все технические проблемы, за исключением случаев, влекущих за собой изменение работ по модернизации АПЛ либо меняющие принципиальные схемы систем, трубопроводов, канализации электроэнергии и др., влияющих на безопасность АПЛ.

Годы совместной с проектантами АПЛ работы показали, что специалисты 330-го СКТБ ВМФ (в/ч 26920) предлагают и реализовывают конкретные квалифицированные решения и отступления от проекта. Последующая эксплуатация кораблей после ремонта ни разу не давала повода усомниться в правильности принятых технических решений.

В заключение можно добавить, что специалистами Центрального конструкторско-технологического института судоремонта (51 ЦКТИС) разработана ремонтно-технологическая

документация для нескольких поколений АПЛ, автором проектов которых является СПМБМ «Малахит».

Так, для многоцелевых АПЛ пр. 971 разработаны и выпущены документы по перспективной подготовке производства предприятий системы ГУ СРЗ ВМФ и типовые организационно-технические документы для доковых и заводских ремонтов. Совместно с НИПТБ «Онега» разработана принципиальная технология заводского ремонта этих кораблей. Инс-

титутом также созданы и выпущены ремонтные документы на составные части и комплектующие изделия АПЛ пр. 971.

Для АПЛ пр. «Ясень» еще на стадии рассмотрения технического проекта институт выдал заключение о ремонтпригодности корабля, затем разработал принципиальную технологию ремонта оборудования турбинного отсека (ОКР «Оценка»). «Общее руководство по среднему ремонту на плаву» для атомных подводных лодок

последнего поколения также разработано специалистами АО «51 ЦКТИС».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмаков Р. А. У истоков отечественного атомного подводного кораблестроения // Судостроение. – 1999. – № 2. – С. 18–26.
2. Гладков Г. А., Жирнов А. Д., Станиславский Г. А., Уласевич В. К., Шмаков Р. А. История создания первой отечественной атомной подводной лодки. – М: ГУП НИКИЭТ, 2002.
3. История отечественного военного судостроения. – Кн. третья: Заводы. Люди. Корабли. – СПб: Гангут, 2011. ■

24 апреля на территории Военно-морского политехнического института в Главном Адмиралтействе состоялось торжественное открытие аудитории, получившей имя выдающегося отечественного кораблестроителя и специалиста в области судоподъема Николая Петровича Муру.

Аудитория рассчитана на обучение 50 курсантов инженерных специальностей, оснащена современными учебными средствами, содержит целый ряд экспонатов, архивные материалы и труды профессора Н. П. Муру.

В церемонии открытия аудитории приняли участие заместитель начальника Военного учебно-научного центра ВМФ ВМА контр-адмирал А. В. Карпов, сыновья ученого – Георгий и Рубен Муру, внук Николай, начальники центральных органов Управления главного командования ВМФ, руководство ВУНЦ ВМФ, представители оборонно-промышленных предприятий, ветераны ВМФ и курсанты Военно-морского политехнического института, представители экипажа новейшего поисково-спасательного судна Черноморского флота «Профессор Николай Муру».

Н. П. Муру – один из самых ярких представителей отечественной школы кораблестроения, советский и российский ученый, доктор технических наук, профессор и специалист в области судоподъема – подготовил целую плеяду корабельных инженеров, внес весомый вклад в развитие кораблестроительной программы отечественного военно-морского флота.

Родился он 18 декабря 1921 г. в г. Орел. В 1939 г. окончил с «золотой» медалью среднюю школу и поступил в Высшее военно-морское инженерное училище им. Ф. Э. Дзержинского. В 1944 г. закончил кораблестроительный факультет этого учебного заведения (первым по выпуску) с занесением фамилии на мраморную Доску почета.

Н. П. Муру – автор более 200 научных работ, был членом НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, пре-

В АДМИРАЛТЕЙСТВЕ ОТКРЫТА АУДИТОРИЯ ИМЕНИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЯ НИКОЛАЯ ПЕТРОВИЧА МУРУ



**А. В. Карпов и Г. Н. Муру
открывают аудиторию**

зидиума Научно-технического совета Морского регистра СССР, трех специализированных советов по присуждению ученых степеней. Награжден четырьмя орденами СССР (в 1985 г. награжден вторым орденом Отечественной войны 2-й степени) и 20 медалями.

Николай Петрович Муру до последнего дня щедро делился с молодыми офицерами своими знаниями, уникальным богатым опытом инженера-практика в области кораблестроительных дисциплин и судоподъема, был для каждого курсанта и офицера училища примером образцового выполнения своего долга, профессионализма, эрудированности, стремления к освоению новых горизонтов и любви к Отечеству и флоту. ■



**Выступает В. Н. Половинкин, д-р техн. наук, профессор, заслуженный
деятель науки РФ, научный руководитель ФГУП «Крыловский ГИЦ»**

В марте 1960 г. после окончания Корабельки по направлению Минсудпрома я приступил к работе в ЦКБ-53 (ныне – Северное ПКБ) в секторе перспективного проектирования. Моей первой конструкторской работой была разработка чертежей многокорпусного боевого корабля.

Представьте себе, что три подводные лодки соединены между собой надводной платформой, на которой размещено вооружение, вертолетный ангар и ВПП, а в подводных корпусах – главная энергетическая установка, крупные гидроакустические антенны различного назначения, а также боевые посты, жилые и служебные помещения. Когда я сделал эскизы этого сооружения, главный конструктор А. И. Таптыгин по заданию, которого я работал, посмотрел и сказал: «А что? Мне нравится!». А мне не нравилось, поскольку конструкция получалась тяжелая, неуклюжая и плохо управляемая. Да и расчеты было сделать очень сложно, поскольку никаких методик для такого типа корпуса не было. А самое главное, мне было непонятно – зачем все это надо. В таком водоизмещении традиционный однокорпусный корабль получался намного выгоднее по всем параметрам: по ходкости, по управляемости и по полезной нагрузке. К моему удовольствию идея умерла сама собой, А. И. Таптыгин не стал настаивать на ее окончании, и все работы в этом направлении были прекращены.

Другой очень интересной работой в секторе перспективного проектирования была разработка предложения по созданию универсального боевого корабля с атомной энергетической установкой. Можно с уверенностью говорить, что это были первые проработки будущего тяжелого атомного крейсера пр. 1144 (ТАКР «Киров»). Оружие – УРО и ПВО в вертикальных пусковых установках, мощная гидроакустика и ракетно-торпедное оружие, несколько вертолетов стационарного базирования и мощное радиоэлектронное вооружение.

Основные погреба боезапаса, керосинохранилища авиационного вооружения, помещения атомных реакторов были защищены от внешнего воздействия бронированием.

Возглавлял эту работу талантливый главный конструктор А. Л. Фишер.

Это был 1960 г., а головной корабль пр. 1144 «Киров» в состав ВМФ был принят 30 декабря 1980 г. Главный конструктор – Б. И. Купенский.

Моей следующей проектной работой была разработка проекта модернизации эсминца пр. 56 для испытания первого советского ЗРК «Волна».

В начале 60-х гг. ЦКБ приступило к созданию кораблей следующего поколения, так как эпоха артиллерийских

60 ЛЕТ В СЕВЕРНОМ ПКБ

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

кораблей закончилась, и на первое место для кораблей класса «эскадренный миноносец» начали выходить задачи по обеспечению противозушной и противолодочной обороны. Эсминец «Бравый» (зав. № 1203), последний в серии кораблей 56-го проекта, стал первым в отечественном флоте кораблем, оснащенным зенитными ракетным комплексом М-1 «Волна». Он рассматривался как экспериментальный корабль для отработки ЗРК М-1 «Волна». В ходе переоборудования по пр. 56К с корабля демонтировалось вооружение, размещенное в корму от первого торпедного аппарата: второй торпедный аппарат, три автомата СМ-20ЗиФ, кормовая башня СМ-2-1, грот-мачта со смонтированными на ней антеннами.

На их месте разместили зенитный ракетный комплекс с боекомплектom 16 ракет. Модернизация «Бравого» была проведена в 1959–1960 гг. на заводе им. 61 Коммунара под руководством главного конструктора А. И. Таптыгина (главный строитель – Н. Д. Червонооченко). Отработанный на эсминце пр. 56К ЗРК «Волна» был принят на вооружении ВМФ в 1962 г., а в 1962–1967 гг. по пр. 56А, близкому к 56К, было переоборудовано восемь эсминцев.

Испытания комплекса проводились на черноморских (крымских) полигонах у мыса Чауда и на Феодосийском полигоне.

Программой испытаний предусматривалось определение биологического воздействия газовых струй стартующих ракет на живые организмы в помещениях корабля. Было известно, что ближе всего к человеческому организму по многим параметрам подходят бараны, поэтому в качестве подопытных животных они и использовались. Размещались животные на исследуемых местах в боевых постах корабля, подвергающихся

воздействию газовых струй стартующих ракет. После работы баранов вскрывали, и врачи определяли изменения во внутренних органах испытуемых животных. Туши баранов разделялись и отправлялись в ресторан. Половина баранины становилась достоянием ресторана, а вторая половина готовилась для членов испытательной партии. «Подведение итогов стрельб» было всегда очень оживленным и полезным.

С принятием на вооружение ЗРК «Волна» была решена существенная часть задач по созданию кораблей первого поколения – обеспечение ПВО корабля, но осталось еще создать УРО и ПЛЮ.

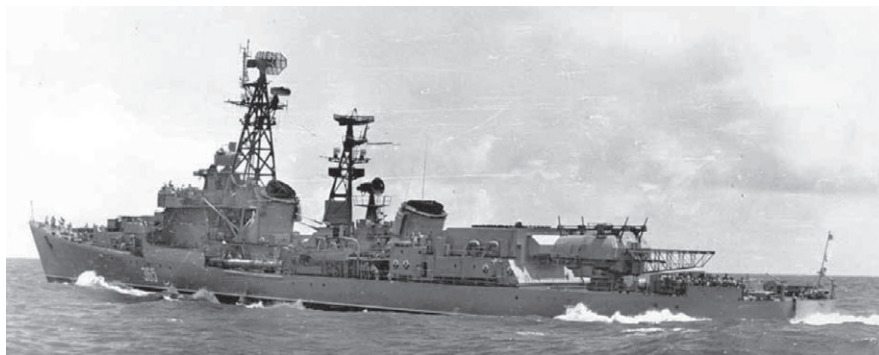
Попытки создания противокорабельных систем УРО в СССР предпринимались еще с начала 50-х гг. прошлого века. Целью разработок было создание корабельного управляемого оружия для поражения крупных артиллерийских кораблей без захода в зону досягаемости их артиллерии, т. е. с дальностью стрельбы не менее 40 км.

В качестве платформы для отработки в реальных морских условиях комплекса КСЦ (корабельный снаряд «Щука») был выбран эсминец пр. 56 «Бедовый», находившийся в начальной стадии постройки в г. Николаеве на заводе им. 61 Коммунара. ЦКБ-53 («Северное ПКБ») выполнило технический проект переоборудования этого корабля, получившего номер 56ЭМ (экспериментальный модернизированный).

В феврале 1957 г. корабль ушел в Феодосию, где 2 февраля 1957 г. в районе мыса Чауда состоялся первый пуск крылатой ракеты. Эти испытания проводились на три года раньше, чем испытания комплекса В-600 на «Бравом» пр. 56К, и поэтому данных о влиянии газовых струй стартующих ракет на корпусные конструкции и оборудование в постах в то время не было. Поэтому весь личный



Эсминец пр. 56А



Эсминец пр. 56М

состав на всякий случай убрали из кормовых боевых постов в носовые кубрики. Все люки, двери и горловины были наглухо задраены. Пусковая установка была развернута на правый борт, после чего дана команда «Старт». Ракета успешно стартовала, но, набрав высоту 50–75 м, начала заваливаться на левое крыло и упала в море в полутора милях от корабля. В марте того же года прошло несколько удачных пусков, а 6 сентября КСЦ, впервые наводившаяся на двигающийся телеуправляемый торпедный катер (скорость 30 уз, дистанция 22 км) «разрубила» мишень пополам.

Главным конструктором нового ракетного эсминца пр. 56М, а также серийных кораблей пр. 56М, созданных на его базе, стал О. Ф. Якоб. По кораблестроительной части ЭМ пр. 56М весьма незначительно отличался от базового корабля 56-го проекта. Установка ракетного оружия потребовала перекомпоновки кормовой надстройки, отказа от носовой 130-мм артиллерийской установки и замены кормовых 130-мм и 45-мм артиллерийских установок на пусковую установку и пост предстартовой подготовки ракет с соответствующей перепланировкой подбащенных помещений. В новом проекте несколько повысили прочность днищевого и бортового набора, а также поперечных переборок. Возросла толщина наружной обшивки корпуса. В результате реализации всех этих мероприятий стандартное водоизмещение корабля пр. 56М возросло по сравнению с «чистым» пр. 56 на 100 т, а полное – на 85 т.

На эсминце пр. 56М размещалось до восьми ракет КСЦ в «сухом» состоянии, с топливными баками, заполненными вместо горючего азотом. Семь из них хранились в погребе и одна (в перегруз) – в посту предстартовой подготовки, где проводилась автоматическая заправка крылатой ракеты топливом. При этом скорострельность комплекса составляла около 20 минут.

Бурные темпы развития ракетного оружия в 1950–1960-е гг. привели к тому, что уже через несколько лет после ввода в строй комплекс КСЦ стал считаться если не устаревшим, то во всяком случае «устаревающим».

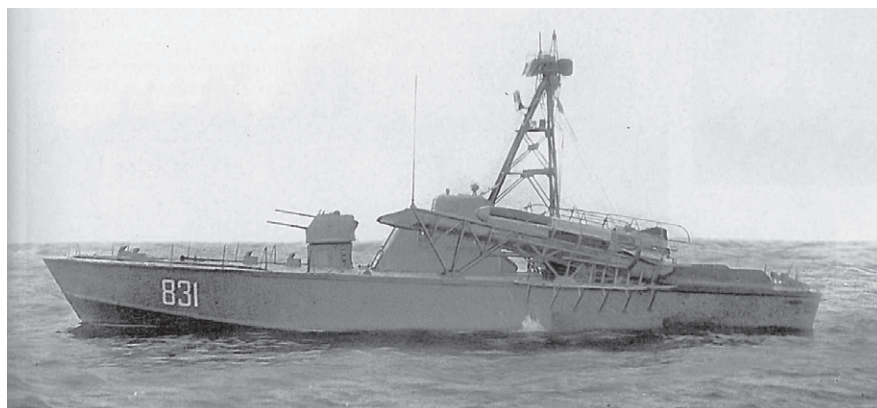
В 1960 г. на вооружение ВМФ была принята сверхзвуковая крылатая ракета нового поколения П-15 (МКБ «Радуга», главный конструктор М. Я. Березняк), под эти ракеты, относительно простые и компактные, было решено модернизировать корабли пр. 56М. Если к 1960 г. были созданы современные комплексы ПВО и УРО то в области ПЛО и прежде всего в части систем обнаружения подлодок существенных успехов достигнуто не было.

Результаты испытаний ГАС «Геркулес-2М» оказались неудовлетворительными. В режиме «эхо» она фиксировала подводную лодку, идущую со скоростью 3,5 уз на перископной глубине лишь на дистанции 18 каб. Станция оказалась весьма чувствительной к акустической помехе. Кроме того, подъемно-опускное устройство выдвижной антенны ГАС работало только в крайних положениях, а из промежуточных антенну приходилось выводить механическими приводами вручную. В результате приемная комиссия рекомендовала не принимать станцию на вооружение до ее доработки. Тем не менее условия для создания кораблей первого поколения были созданы. Такими кораблями стали корабли пр. 58 и пр. 61, созданные в «Северном ПКБ» в конце 50-х гг.

Первым комплексом ударного ракетного оружия (УРО), пригодным для размещения на кораблях, стал комплекс, состоящий из крылатой ракеты П-15, аппаратуры предстартового контроля (АПК) МК-131А, приборов управления

стрельбой (ПУС) «Клен» и РЛС обнаружения и целеуказания «Рангоут». Этот комплекс начал разрабатываться в середине 50-х гг. Ракета для него создавалась в филиале ОКБ-155 (ныне МКБ «Радуга») под руководством генерального конструктора А. И. Микояна, а затем главного конструктора А. И. Березняка. Параллельно с созданием комплекса УРО специальное конструкторское Бюро СКБ-5 (ныне «Алмаз») приступило к разработке технического проекта катаера-носителя для этого комплекса. Работой руководил главный конструктор Е. И. Юхнин. В качестве носителя комплекса был выбран деревянный корпус с энергетической установкой торпедного катера пр. 183, сам же проект получил номер 183Э. Какого-либо опыта применения УРО с катеров и, как следствие, нормативно-расчетной документации, необходимой для определения параметров воздействия газовой струи стартового двигателя ракеты на корабельные конструкции и для оценки безопасности пребывания личного состава на катере в момент пуска ракет не было. Масштабные работы на макетах катера и натурные испытания проводились в течение 1956–1957 гг. как в 28 НИИ МО (в/ч 31303), так и на бывшем морском полигоне Ржевка, где были установлены две ходовые рубки, изготовленные из дерева и из стали, а также натурные отсеки, воссоздававшие примерно половину корпусных конструкций катера. Проведенные пуски макетов ракет со штатными стартовыми двигателями определили выбор металлической конструкции ходовой рубки, позволили выработать критерии оценки прочностных характеристик и необходимую геометрию корабельных конструкций, подвергающихся динамическому воздействию газовой струи.

Параллельно с проведением ОКР по комплексной оценке воздействия газовой струи стартового двигателя на катер и отработкой конструкции пусковой установки выполнялись ОКР по созданию составных частей комплекса УРО, что позволило уже с конца 1957 г. приступить к испытаниям ракет П-15.



Ракетный катер пр. 183Э

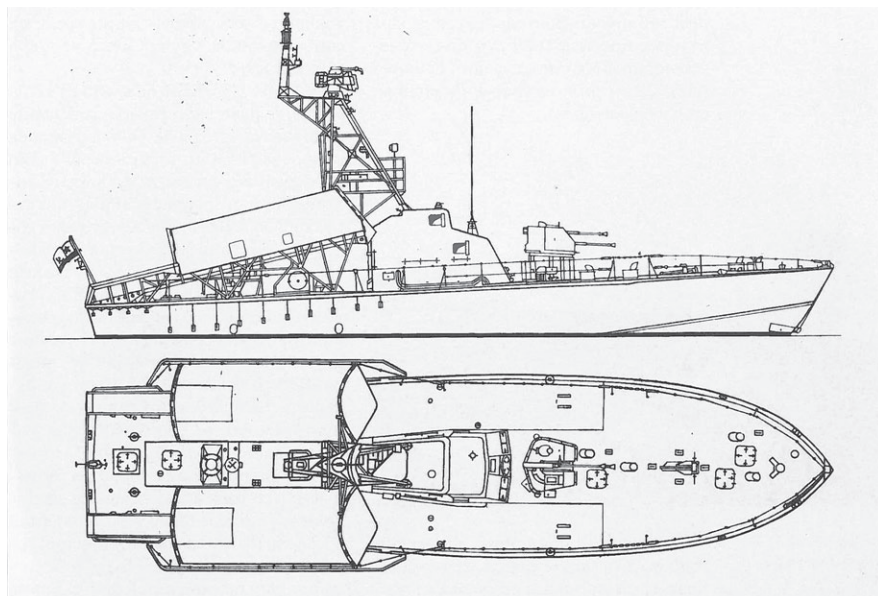
Первый пуск ракет П-15 на полигоне в районе Феодосии произвели 28 октября 1957 г. Затем до конца года осуществили еще два пуска.

В 1958 г. провели еще пять пусков ракет с береговой стартовой позиции. Полученные результаты позволили перейти к корабельным испытаниям комплекса.

Испытания ракетного катера пр. 183Э планировалось начать с пуска макета ракеты со штатными стартовым двигателем. Ранее проведенные полигонные испытания вселяли уверенность, что достаточная прочность корабельных конструкций, хорошая изоляция от импульсного шума вполне обеспечат безопасность пребывания на катере людей. Тем не менее, ходовая рубка с окнами, не защищенными броневыми щетками, легкая двухслойная деревянная палуба, в помещениях под которой находились люди, ракета на расстоянии 1,5 м со стартовым твердотопливным двигателем тягой около 40 т — все это, естественно, не могло не беспокоить конструкторов.

Во время первого пуска присутствие людей на катере было запрещено. На борт погрузили баранов. Пуск должен был выполняться дистанционно с борта обеспечивающего катера. Прибыв в район проведения пусков, испытатели обнаружили, что погодные условия не позволяют осуществить запланированную работу. Тогда главный конструктор Е. И. Юхнин, несмотря на запрет нахождения людей на катере во время первого пуска, взял всю ответственность на себя и лично осуществил первый пуск ракеты с помощью добровольцев, которые остались вместе с ним на стреляющем катере. Из восьми баранов, размещенных в ходовой и штурманской рубках, восьмиместном кубрике, агрегатной № 1 и кормовом машинном отделении (КМО) только у баранов, располагавшихся в КМО, были обнаружены кровоизлияния в ушных раковинах. В целом после пуска появилась уверенность в безопасности пребывания личного состава на катере.

Затем началась совместная отладка систем всего ракетного комплекса, и 6 сентября 1958 г. с того же катера ТКА-14 был осуществлен первый пуск ракет П-15 по неподвижной мишени.



Боковой вид и план палубы РКА пр. 183



Ракетный крейсер пр. 1134

Совместные испытания продолжились до конца 1959 г. Не ожидая окончания совместных испытаний комплекса на Ленинградском Приморском и Владивостокском судостроительных заводах развернулось серийное строительство ракетных катеров пр. 183Р как для отечественного ВМФ (построено 112 катеров), так и для поставок на экспорт (около 50 ед.).

Разработка комплекса УРО, пригодного для размещения на катерах, позволила генеральному заказчику сформулировать требования к созданию ракетного катера большого водоизмещения, имеющего лучшую мореходность, более эффективные средства самообороны и улучшенные условия обитаемости.

В 1956 г. СКБ-5 получило ТТЗ на создание ракетного катера в стальном корпусе (пр. 205). Он вооружался комплексом УРО с четырьмя ракетами П-15, размещенными в четырех ПУ ангарного типа. Главным конструктором катера был Е. И. Юхнин. Головной корабль был построен и сдан ВМФ Ленинградским Приморским заводом в 1960 г. Родина достойно отметила труд многих из тех, кто принимал участие в создании кораблей пр. 183Р и пр. 205. В 1962 г. большая группа сотрудников бюро, контрагентов и представителей ВМФ была удостоена правительственных наград. Ленинская премия была присуждена руководителю работ по созданию корабля начальнику-главному конструктору ЦКБ-5 Е. И. Юхнину и другим создателям комплекса, а орденами и медалями — многие сотрудники бюро и других организаций.

Катера пр. 183Р и пр. 205 первыми приняли участие в локальных международных конфликтах. В октябре 1967 г. два катера пр. 183Р ВМС Объединенной Арабской Республики произвели ракетную атаку израильского эсминца «Эйлат», в результате которой он был потоплен. Через три года ракетные катера пр. 205 потопили израильский корабль. В 1987 г. катера пр. 205 приняли участие в боевых действиях во время индо-па-



Большой противолодочный корабль пр. 1134А



Большой противолодочный корабль пр. 1134Б

кистанского конфликта, в ходе которого катера индийских ВМС нанесли крупный ущерб как пакистанским ВМС, так и береговым сооружениям.

Мне довелось беседовать с индийскими офицерами, которые принимали участие в этой блестящей морской операции. Учитывая, что дальность плавания кораблей была недостаточной для обеспечения успешной атаки цели, их скрытно отбуксировали к точке старта и уже с этой дистанции нанесли точные удары по целям, после чего они успешно вернулись на базу.

Подводя итоги вышеизложенному, можно сказать, что к 1960 г. сложились необходимые условия для создания кораблей первого поколения пр. 58 и пр. 61. Были разработаны комплексы УРО, ПВО и ПЛО, которые по своим тактико-техническим характеристикам отвечали требованиям того времени и не уступали лучшим зарубежным образцам того времени.

Ко второму поколению ракетных кораблей относятся большие противолодочные корабли пр. 1134А, пр. 1134Б, сторожевые противолодочные корабли пр. 1135 и пр. 1135М. Головные корабли второго поколения были построены и сданы заказчику в следующие сроки: пр. 1134 – 1967 г., пр. 1134А – 1969 г., пр. 1134Б – 1971 г., пр. 1135–1970 г., пр. 1135М – 1975 г.

Третье поколение боевых надводных кораблей составляют ТАРКР пр. 1144 и пр. 1144.2, ракетные крейсеры пр. 1164, ракетно-артиллерийские корабли пр. 956, большие противолодочные корабли пр. 1155 и многоцелевые ракетно-артиллерийские корабли пр. 1155.1. Идея создания сторожевых противолодочных кораблей пр. 1135 возникла в связи с ограниченными возможностями промышленности по строительству БПК пр. 1134А и пр. 1134Б и их высокой стоимостью.

Считалось целесообразным создание в дополнение к ним меньших по водоизмещению и стоимости сторожевых противолодочных кораблей, способных

обеспечивать ПЛО в ближней зоне и участвовать в совместных поисково-противолодочных операциях в удаленных районах, восполняя тем самым недостаток в более крупных противолодочных кораблях. Проектирование этого корабля, получившего номер 1135 (шифр «Буревестник»), возглавили главный конструктор Н. П. Соболев и его заместители А. И. Таптыгин и А. Л. Чертков.

В соответствии с ТТЗ ВМФ основным назначением корабля являлось длительное патрулирование с целью поиска и уничтожения подводных лодок противника и охранение кораблей и судов на переходе морем. Задание предусматривало создание СКР с полным водоизмещением 2100 т, оснащенного противолодочным ракетным комплексом, одним 533-мм четырехтрубным торпедным аппаратом, предназначенным для стрельбы самонаводящимися противолодочными торпедами, двумя реактивными бомбометами РБУ-6000, гидроакустической станцией «Титан», а также зенитным ракетным комплексом самообороны «Оса-М» и двумя универсальными спаренными 76,2-мм артиллерийскими установками.

Однако на стадии окончания эскизного проекта (1965 г.) число торпедных аппаратов и ЗРК увеличили вдвое. При рассмотрении технического пр. 1135 было принято решение об установке на

СКР мощной буксируемой ГАС переменной глубины «Вега».

В итоге корабль получил почти тот же состав противолодочного вооружения, что и в два раза большие по водоизмещению БПК пр. 1134А и пр. 113Б, лишь без противолодочного вертолета.

Основным вооружением корабля стал комплекс противолодочного управляемого ракетного оружия «Метель» с наводящейся в горизонтальной плоскости счетверенной пусковой установкой КТМ-1135 и системой управления «Муссон». Комплекс обеспечивал поражение подводной лодки на дальности до 50 км, что существенно больше, чем возможности стрельбы торпедами с подводной лодки по кораблю. При этом целеуказание могло поступать как от собственной ГАС, так и с другого корабля или вертолета, для чего предусматривалась соответствующая аппаратура. Кроме того, для поражения подводных лодок на средних дистанциях СКР оснащался двумя счетверенными 533-мм торпедными аппаратами для противолодочных торпед, а на малых дистанциях – двумя реактивными установками РБУ-6000.

Целеуказание противолодочному оружию обеспечивалось с помощью ГАС МГ-332 с антенной, расположенной в носовом бульбовом обтекателе, а также ГАС МГ-325 с буксируемой антенной переменной глубины.

Размещение на надводных кораблях буксируемых ГАС переменной глубины требовалось для расширения возможностей обнаружения надводных лодок под слоем так называемого «температурного скачка» и в подводном звуковом канале.

Лебедка с кабель-буксиром, пост постановки и выборки, агрегатная и спуско-подъемное устройство составляли комплекс спуско-подъемного устройства (СПУ), который впервые был разработан для СКР – БПК пр. 1135.

В проектно-конструкторском отделе компоновки СПУ, кинематическая схема которого для аналогичных устройств надолго стала определяющей, разработал я.



Большой противолодочный корабль пр. 1134БФ

Проблема состояла в том, что в кормовой части корабля были размещены две артустановки АК-726, для которых очень важны были диаграммы углов обзора и обстрела. При традиционной схеме СПУ для ее размещения требовалось помещение значительной высоты, при этом диаграммы существенно ухудшались. Было проработано много схем компоновки СПУ, пока не был найден вариант, при котором механизмы СПУ – балки, захватное устройство и буксирный ролик – размещались на горизонтальной передвигающейся тележке, что позволило существенно понизить высоту помещения СПУ как в положении попоходному, так и в рабочем положении, т.е. при буксировке (авт. св. № 54794).

19 февраля 1971 г. я был назначен заместителем главного конструктора Б. И. Купенского по пр. 1144.

Над этим проектом я работал с 1968 г. в проектно-конструкторском отделе в качестве ведущего конструктора вместе с другими ведущими конструкторами Р. С. Власевым и В. М. Траньковым. Лидером был опытный Р. С. Власев, который прошел большой творческий путь с Б. И. Купенским еще на пр. 61 БПК, а до этого на СКР пр. 50 в г. Калининграде на заводе «Янтарь». С февраля 1971 г. я приступил к исполнению обязанностей заместителя главного конструктора Б. И. Купенского, у которого уже был один заместитель, талантливый и опытный конструктор-механик А. А. Терентьев.

В новом здании Северного ПКБ нам был выделен большой кабинет, в котором стояли три огромных письменных стола, чтобы можно было разложить чертежи общего расположения кораблей.

В этом кабинете работали Б. И. Купенский, А. А. Терентьев и я. У каждого на столе было два телефона – один местный и один городской. При этом городской номер телефона был один на все три аппарата, что оказалось очень удобным, так как при необходимости можно было участвовать в разговоре всем троим. Обычно начинал разговор Б. И. Купенский, а затем, если он считал нужным, мы брали свои телефонные трубки и уже могли принять участие в разговоре, это было очень удобно, поскольку не нужно было передавать содержание разговора, информация сразу же становилась общей. Распределение обязанностей между нами было следующее: Б. И. Купенский как главный конструктор осуществлял общее руководство проектом, А. А. Терентьев вел всю атомную механическую установку и общекорабельные системы, а я – всю кораблестроительную часть и вооружение, включая авиационное. Создание такого сложного и наукоемкого корабля, как ТАРКР пр. 1144, потребовало проведения большого коли-



Сторожевой корабль пр. 1135



Сторожевой корабль пр. 1135М

чества НИОКР. Наиболее крупные из них – это береговой стенд комплекса УРО «Гранит», опытный комплекс ПВО С-300Ф на БПК «Азов» пр. 1134БФ (зав. № 2004), крупномасштабная модель буксируемой части ГАС «Полином» со спуско-подъемным устройством, установленным на корме сторожевого корабля пр. 159, конструктивная защита.

Береговой стенд комплекса УРО «Гранит» БСГ был необходим для отработки старта ракет с надводного корабля. Дело в том, что этот комплекс создавался прежде всего для подводных лодок, а там ракета стартовала из подводного положения с глубины до 50 м, т.е. условия старта с подлодок и надводных кораблей были совершенно разные. «Сухой» старт с последних был невозможен из-за высоких температур, возникающих в этом случае в контейнере надводного корабля при старте ракеты, поэтому было необ-

ходимо его «смочить», для чего приняли решение в контейнер перед стартом залить какое-то количество забортовой воды. Все это было необходимо определить экспериментальным путем, для чего был создан береговой стенд «Гранит» (БСГ), который размещался на полигоне поселка Ненокса на севере.

Спаренная пусковая установка вместе с окружающими ее конструкциями полностью соответствовали размещению на корабле. Была оборудована и трасса с необходимой телеметрической аппаратурой для контроля за полетом ракеты. В результате работ на полигоне, комплекс был практически полностью отработан, и на головном корабле было необходимо провести только контрольные испытания.

Опытный образец нового многоканального зенитного комплекса С-300Ф с системой управления «Форт» для головного корабля пр. 1144 был размещен на



Пограничный сторожевой корабль пр. 1135.1

корабле пр. 1134БФ «Азов» (зав. № 2004). Во время достройки этого корабля его кормовой ЗРК «Шторм» не монтировался, а на его месте сформировали фундаменты под ЗРК «Форт». Около двух лет (1975–1977 гг.) «Азову» пришлось ходить только с одним «Штормом», но провести испытания комплекса С-300Ф, необходимые для успешной сдачи головного корабля пр. 1144, все же удалось.

После проведения испытаний корабль так и остался в составе флота с двумя различными комплексами ПВО: «Шторм» и С-300Ф.

Другой большой опытно-конструкторской работой в интересах ТАРКР пр. 1144 была отработка буксируемой части гидроакустического комплекса «Полином». Буксируемая часть комплекса стояла из буксируемой антенны переменной глубины, спуско-подъемного устройства с лебедкой для кабель-буксира с обтекателями и кран-балкой с захватным устройством. Общий вес этого устройства был около 100 т. Буксируемое тело с водой весило ок. 16 т. Совершенно естественно, что такой сложный комплекс не мог быть установлен на корабль без тщательной отработки всех его элементов.

В связи с этим было принято решение о крупномасштабной отработке элементов комплекса СПУ.

В качестве платформы для проведения отработки СПУ «Полином» для корабля пр. 1144 был выбран корабль пр. 159, который по кормовым формообразованиям, количеству гребных винтов мог рассматриваться как крупномасштабная модель корабля пр. 1144. На нем было смонтировано масштабное подъемно-опускное устройство, лебедка с кабель-буксиром в соответствующем масштабе и действующий макет захватного устройства. Была составлена программа и проведены соответствующие испытания, результаты которых были использованы при создании комплекса СПУ для головного корабля пр. 1144. Комплекс был сдан и затем и многие годы успешно эксплуатировался.

Среди НИОКР, выполняемых в интересах создания корабля, следует отметить конструктивную защиту жизненно важных районов корабля. К ним относятся погреба боезапасов ракетных комплексов «Гранит», С-300Ф, «Метель», реакторный отсек и отсек авиационного топлива (керосинохранилища). В отличие от классического бронирования кораблей, когда защита осуществлялась броневыми плитами различной толщины, конструктивная защита (КЗ) представляла собой как бы «слоенный пирог» из взводных экранов, броневых плит и пластиковых экранов-поглотителей. Конструктивная защита построена на принципе экранирования и состоит из двух основных элементов: — экрана — борт, палуба или стенки надстройки специальной решетча-



Тяжелый атомный ракетный крейсер «Киров» пр. 1144



Тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» пр. 1144.2

той конструкции «ножевого» типа с размерами ячеек, обеспечивающими разрушение и взрыв боевой части ракеты противника;

- внутренней защитной преграды (ВЗГТ), назначение которой защита помещений корабля от проникновения осколков.

Для проверки эффективности предлагаемой конструкции были изготовлены опытные образцы конструктивной защиты в виде опытовых секций и блоков, которые были испытаны на полигоне путем подрыва соответствующих зарядов, имитирующих боевые части ракет. Можно привести и другие примеры отработки комплектующего оборудования головного корабля пр. 1144, на котором было установлено около 70 опытных и головных образцов техники. За проектированием, изготовлением и испытаниями этих образцов были необходимы постоянный контроль и наблюдение. Для этих целей было принято решение создать при группе главного конструктора координационный центр, целью которого было постоянное отслеживание хода создания образцов новой техники для дальнейшей выработки мер по их своевременной поставке на строящийся корабль. Аппарат центра состоял из четырех человек, которые вели постоянный мониторинг хода работ по созданию комплектующего оборудования для головного корабля.

Головной корабль пр. 1144 «Киров» был сдан ВМФ в установленный срок – 30.12.1980 г.

Сравнительный анализ показывает, что атомный крейсер пр. 1144 значительно превосходит свои зарубежные аналоги абсолютно по всем ТТЭ и военно-экономическим показателям, и на сегодня он без преувеличения является самым мощным и защищенным боевым надводным кораблем не только в российском флоте, но и во всем мире.

Служба трех первых кораблей пр. 1144 (1144.1 и 1144.2) продолжалась недолго: вошедшие в боевой состав флота в 1980–1988 гг. уже в 90-е гг. они были поставлены на консервацию, что многими рассматривалось как смертный приговор этим крейсерам, обрекавшимся на постепенное умирание. Продолжал службу лишь вступивший в строй в 1998 г. «Петр Великий», достойно представлявший в это трудное для страны время флаг России на просторах мирового океана.

Однако в конце первого десятилетия XXI в. появилась надежда на то, что и остальные крейсера пр. 1144 и пр. 1144.2 все же удастся вернуть в строй, проведя их глубокую модернизацию.

Огромный потенциал дальнейшего совершенствования «Орланов» должен обеспечить этим прекрасным кораблям службу еще в течение нескольких десятилетий в составе Российского ВМФ. ■

19 апреля 2018 г. в кают-компании Санкт-Петербургского Морского Собрания состоялся «круглый стол», посвященный 100-летию Первой мировой войны 1914–1918 гг.: «Сражения, люди и судьбы». Военные историки, ученые, писатели на конференциях и научных симпозиумах в Москве, Петербурге, Дюссельдорфе, Гамбурге, Стамбуле, Анкаре и в других крупных городах и университетских центрах обсуждают актуальные темы, дискутируют, делятся историческими находками, сообщают о выходах новых книг и монографий, посвященных этой мировой трагедии.

СПбМС и его председатель Н. В. Орлов приняли представителей научной общественности города, членов Дома ученых РАН, сотрудников РГАВМФ, а также действующих и отставных офицеров. Говорили о наиболее значимых событиях и причинах той войны, выдающихся личностях, о наиболее ярких эпизодах боевой деятельности флота и войск, о судьбах моряков и армейских офицеров и флотских династиях. Сотрудники Дома ученых представили анализ предвоенной обстановки, охарактеризовали расклад сил центральных держав и Антанты на театрах военных действий, рассказали о планах противоборствующих сторон.

Особый интерес участники «круглого стола» проявили к роли таких личностей, как командующий Балтийским флотом адмирал Н. О. фон Эссен, командующий морскими силами Черного моря адмирал А. А. Эбергард, командующий Черноморским флотом адмирал А. В. Колчак. Доктор технических наук профессор В. Каменский и историограф СПбМС профессор Г. А. Гребенщикова обосновали собственные взгляды на роль подводных и надводных сил Балтийского флота на театре военных действий, проанализировали совместные операции британских подводок типа «Е» с российскими подводками на Балтике, а также значение минных постановок, предпринятых Н. О. фон Эссенем для эффективной борьбы с Германией.

Старейший сотрудник РГАВМФ Тамара Мазур обратила внимание присутствующих на пересмотр оценки личности командующего Черноморским флотом адмирала А. В. Колчака на современном этапе, а кандидат исторических наук сотрудник РГАВМФ Ольга Кондакова поделилась архивными изысканиями о содействии Черноморского флота операциям Кавказ-

В ПАМЯТЬ О ВЕЛИКОЙ ВОЙНЕ

*Г.А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф.,
историограф Санкт-Петербургского Морского Собрания,
контакт. тел. (812) 312 5396*



Слева направо: военный инженер, член Дома ученых РАН В. А. Козявин, сотрудник РГАВМФ Т. П. Мазур, внучка адмирала И. К. Григоровича О. В. Петрова, капитан 2 ранга Б. Р. Абжалимов, профессор В. Каменский, сотрудник Дома ученых РАН Ф. Ю. Сементовский

ской армии под командованием генерала от инфантерии Н. Н. Юденича. Также она подробно рассказала об успешно проведенной зимой 1916 г. частями Кавказской армии при взаимодействии с силами Черноморского флота Трапезундской наступательной операции.

Вспоминая героические действия моряков-черноморцев, гости кают-компании подчеркнули значение усиления неприятельского турецкого флота с приходом в Черное море двух союзных туркам германских кораблей – линейного крейсера «Гебен» и малого крейсера «Бреслау», который изменил расклад сил на театре военных действий в пользу германо-турецких.

На встрече в кают-компании СПбМС присутствовала О. В. Петрова, внучка последнего морского министра императорской России

адмирала И. К. Григоровича, которая напомнила о 165-летию со дня его рождения. Она рассказала о деятельности адмирала в годы войны, о своей работе над собранием, обработкой и изданием его писем, личной и служебной переписки, а также о еще неопубликованных документах, хранящихся в архивах Москвы и Санкт-Петербурга.

Участники «круглого стола» подвели итоги обсуждения: до начала Первой мировой войны Россия имела многочисленную армию и сравнительно большой флот. Ее военный потенциал позволял успешно вести войну, к которой, несмотря на просчеты и недостатки Верховной власти, Россия сумела на высоком уровне подготовить свои вооруженные силы. В целом они не уступали силам ведущих европейских держав, а по некоторым параметрам даже превосходили их. ■

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 (полутонные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутонных, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.035.5 **Ключевые слова:** гребной винт, корпус судна, зазор, величина, нормирование

Г.В. Егоров, М.А. Кутейников, А.Г. Егоров. О нормировании величины зазора между гребным винтом и корпусом судна // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 7

Исследовано нормирование величины зазора между гребным винтом и корпусом судна различными членами МАКО, производителями пропульсивных комплексов и авторами справочников по гидрологии. Показано, что обосновывать зазор целесообразно с учетом расположения, количества и типа винтов, эксплуатационных режимов, осадки и нормативных обводов. Т. 4. Ил. 14. Библиогр. 27 назв.

УДК 629.541.2 **Ключевые слова:** паром, ледовый класс, характеристика

С.А. Милавин. Обновление паромного парка судов // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 13

Об обновлении паромной переправы Ванино-Холмск посредством строительства новых автомобильно-железнодорожно-пассажирских паромов усиленного ледового класса пр. CNF11CPD/00300. Приведены основные технические характеристики паромов, рассмотрено текущее состояние работ по их разработке и строительству. Ил. 4.

УДК 621.3:338.45:629.5 **Ключевые слова:** судостроение, отрасль, отраслевое управление, стратегическое управление, стратегия, потенциал, производительность

А.В. Иванкович. О трансформации системы управления судостроением // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 17

Рассмотрены причины кризиса отечественного судостроения, необходимость трансформации системы управления и возможности создания для этого теоретической и методологической базы. Т. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** гражданское судостроение, бизнес, государство, баланс

И.Л. Вайсман, А.А. Юрчак. О соблюдении баланса интересов государства и бизнеса в целях развития гражданского судостроения // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 19

По мнению Ассоциации судостроителей и производителей, для обновления российского гражданского флота, диверсификации и развития судостроительной отрасли необходимо разработать программу обновления флота и определение мер стимулирования юридических лиц.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** судостроительное предприятие, производительность труда, судно, качество

А.С. Соловьев, Г.В. Тарица. Развитие производственных мощностей для повышения производительности труда и качества строящихся судов // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 20

Изложены актуальные проблемы производственных мощностей отечественных судостроительных предприятий и обозначены пути их развития с целью повышения производительности труда и обеспечения конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Описан опыт государственного стимулирования и поддержки судостроения в разных странах мира. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5

Ключевые слова: строительство кораблей, рабоче-конструкторская документация, цифровая модель, лазерное сканирование, измерительные системы, позиционирование, станки с ЧПУ, моделирование производственных процессов

М.А. Будниченко, А.Ю. Спиридонов. Реализация метода «точной геометрии» при строительстве атомных подводных лодок // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 25

Рассмотрена проблема выполнения требований, содержащихся в рабоче-конструкторской документации, при строительстве кораблей. Предложен комплекс мер по совершенствованию технологии строительства, включающий работу с цифровой моделью корабля, внедрение новых методов контроля точности геометрии изготовленных конструкций и реализацию единой электронной сети координат заказа. Ил. 4. Библиогр. 7 назв.

УДК 658.5:629.5

Ключевые слова: склад, логистика, компания Modula, эффективность

Д.А. Веригин. Оптимизация процессов в области логистики складских комплексов // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 29

Рассмотрены предложения компании Modula по автоматизации склада и, как следствие, повышения скорости обработки заказа и эффективности работы складского персонала. Ил. 2.

УДК 621.436:621.438

Ключевые слова: боевые корабли, энергетические установки, электродвижение, гребные электродвигатели, полное электродвижение, полностью электрифицированный корабль

А.С. Лобанов. Анализ подходов к обоснованию выбора энергетических установок перспективных подводных кораблей ВМФ // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 30

Приводятся тенденции и направленность развития отечественной и зарубежной корабельной энергетики, а также подходы к обоснованию использования электродвижения на перспективных кораблях. Приведены характеристики перспективных гребных электродвигателей. Сделаны предложения по облику перспективных энергетических установок отечественных кораблей на основе зарубежного опыта. Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.436:629.5

Ключевые слова: дизель-газотурбинный агрегат, состав, конструкция, эксплуатация, крутильные колебания, расчет, запретная зона

В.К. Румб, В.И. Паюсов, П.В. Фетисов. Особенности конструкции и расчета крутильных колебаний судовых дизель-газотурбинных агрегатов // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 37

Рассмотрены конструктивные особенности и проблемы создания корабельных дизель-газотурбинных агрегатов. Отмечены сложности обеспечения совместной работы дизеля и газотурбинного двигателя. На примере судового дизель-газотурбинного агрегата М55 Р.ПАО «ОДК-Сатурн» доказана важность расчета крутильных колебаний. Ил. 8.

УДК 629.5

Ключевые слова: компрессор, роторный, система пневмообмыва, ледокол

Л.Г. Кузнецов, Ю.Л. Кузнецов, А.В. Бураков, Н.А. Котлов. Применение роторных компрессорных систем АО «Компрессор» для эффективного решения задач пневмообмыва корпуса ледокола и в альтернативных гражданских проектах // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 41

Рассмотрены вопросы цифрового проектирования компрессорных систем с роторными компрессорами. Проанализирован опыт применения систем пневмообмыва на ледоколах, выявлены основные факторы компрессорных систем, влияющие на процесс пневмообмыва. Определены оптимальные рабочие параметры компрессорной системы для эффективного решения задач пневмообмыва и решения альтернативных задач. Т. 1. Ил. 7. Библиогр. 9 назв.

УДК 621.82

Ключевые слова: аспект, задача, изделия, мера, проблема, промышленность, рынок судового машиностроения, стейкхолдер

А.Г. Богданов, В.И. Черненко, Д.А. Скороходов. Стратегия развития изделий судового машиностроения // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 45

Представлен анализ рынка изделий судового машиностроения (ИСМ). Приведены данные по заказам ИСМ на зарубежных предприятиях. Стратегия развития морского и речного флотов РФ позволяет надеяться на подъем судостроительной промышленности и отечественных ИСМ. Рассмотрены особенности ИСМ в настоящее время, порождающие проблемы, от решения которых зависит не только экономическое благополучие отдельных предприятий, но и регионов. Определены цели создания научно-производственного центра «Изделий судового машиностроения», для решения которых обоснованы задачи. Представлен перечень мер, позволяющих осуществить обоснованные задачи. Дана оценка экономических и социальных аспектов создания научно-производственного центра «Изделий судового машиностроения» и выделены его основные стейкхолдеры. Библиогр. 10 назв.

УДК 678.026.2

Ключевые слова: изделие судового машиностроения, термопластичный композиционный материал, характеристики, испытание, применение

И.В. Плещенков. Опыт освоения ООО «Винета» термопластичных композиционных материалов для изделий судового машиностроения // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 50

Изложен опыт освоения на ООО «Винета» производства образцов термопластичного композиционного материала на аморфной матрице и приведены результаты его испытаний на определение физико-механических и эксплуатационных свойств. Работы проводились в рамках разработки устройств очистки воздуха инерционного типа для судовых газотурбинных и дизельных двигателей. Т. 1.

УДК 621.355

Ключевые слова: ХИТ (химический источник тока), автономное электропитание, классификация ХИТ, сохраняемость, срок службы

А.С. Афанасьев, М.А. Болдырев, Б.В. Жмуров, А.С. Петрушенко. Анализ существующей номенклатуры химических источников тока для морских средств вооружения, военной и специальной техники // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 53

Проведен обзор применяемых в современных объектах ВВСТ химических источников тока. Приведено подробное описание ХИТ, применяемых в подводных лодках и глубоководных аппаратах, на надводных кораблях, катерах, неподвижных и ограниченно подвижных средствах ВМФ, реактивных и глубинных бомбах, электроторпедах и противолодочных ракетах. Сформулированы достоинства и недостатки ХИТ, которые позволяют провести обобщение и унификацию основных требований к

конструктивным и эксплуатационным характеристикам разрабатываемых новых ХИТ. Ил. 4. Библиогр. 20 назв.

УДК 681.621.3 **Ключевые слова:** кабель, прокладка, модернизация

С.А. Митриченко. Модернизация программного обеспечения по прокладке кабелей // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 59

Предлагается использование модернизированного программного обеспечения для разработки РКД прокладки кабелей и установки деталей крепления кабельных трасс с применением атрибутов в AutoCad и передачи данных между AutoCad и MS Excel. Ил. 5.

УДК 621.436:621.438 **Ключевые слова:** системы объемного химического пожаротушения, системы объемного аэрозольного пожаротушения, системы пенного пожаротушения, системы водяного пожаротушения, взрывопожаробезопасность корабля, средства пожаротушения, функции жизнедеятельности противопожарных систем корабля

М.Б. Белов, А.Ю. Кудряшов, А.Ю. Кудрявцев, А.С. Беляев. Возможности применения систем аэрозольного пожаротушения на кораблях ВМФ // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 62

Обозначены тенденции и направленность развития отечественных систем объемного химического и аэрозольного пожаротушения. Особое внимание уделено подходам к обоснованию данных систем на боевых кораблях и судах ВМФ, приведены их характеристики. После сравнительного анализа сделано предположение о том, что системы аэрозольного пожаротушения имеют ряд преимуществ по сравнению с другими противопожарными системами, позволяющими возможность ее приоритетного применения на кораблях и судах ВМФ. Т. 5. Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 62–831.2 **Ключевые слова:** электропривод, судовая трубопроводная арматура, проектирование, перспективы развития

С.А. Белов. Перспективные электроприводы для судовых трубопроводной арматуры // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 65

Рассмотрены серийно выпускаемые электроприводы и тенденции их развития. Показано, что для судовых трубопроводной арматуры наиболее перспективен привод на базе моментных двигателей с постоянными магнитами на роторе и управляемый блоком на базе 32-разрядного микроконтроллера. Т. 3. Ил. 2. Библиогр. 19 назв.

УДК 629.5.06 **Ключевые слова:** НПФ «Меридиан», разработка, перспективы

А.А. Копанев. Акционерному обществу «Научно-производственная фирма «Меридиан» – 135 лет // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 70

Рассмотрены основные направления деятельности АО «НПФ «Меридиан», наиболее значимые разработки, выполненные за последнее время, а также перспективы дальнейшего развития. Ил. 7.

УДК 681.76 **Ключевые слова:** система мониторинга, контроля и управления бесперебойным жизнеобеспечением, автономный объект, имитационное моделирование, оптико-электронные средства обнаружения и распознавания событий, комбинированное применение, система гарантированного энергоснабжения, двигатель-генераторные установки, статические преобразователи электроэнергии, расчет и оптимизация параметров, временные характеристики

И.О. Прутичков, В.В. Камлюк, Е.Л. Каулин, В.И. Михайлов, И.Д. Куртц. Моделирование, расчет параметров и режимов работы систем мониторинга, контроля и управления бесперебойным жизнеобеспечением автономных объектов на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 75

Приведены результаты разработки имитационной математической модели, а также расчетных исследований системы мониторинга, контроля и управления бесперебойным жизнеобеспечением автономных объектов на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий. В качестве объекта мониторинга, контроля и противопожарного управления принята система гарантированного энергоснабжения. Моделирование выполнено с использованием раздела SimPowerSystems пакета Simulink программы Matlab. Для оценки эффективности функционирования исследуемой системы на различных режимах эксплуатации и оптимизации ее параметров предложено использовать полученные расчетным путем временные характеристики. Ил. 6. Библиогр. 8 назв.

УДК 681.5 **Ключевые слова:** корабельная интегрированная система, уровень интеграции, алгоритмическая и информационная интеграция, базовое техническое решение интеграции, функциональное программное обеспечение, комплексные математические модели, структурная надежность

К.Ю. Шилов. Перспективы развития интегрированных корабельных систем четвертого поколения // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 81

Рассмотрены основные направления совершенствования корабельных интегрированных систем и комплексов четвертого поколения и ряд организационных мер, которые позволят воспользоваться их преимуществами. Представлены информационный и алгоритмический уровни интеграции корабельных боевых и технических средств, приведены базовые технические решения интеграции. Обсуждены направления сокращения издержек на этапах создания и испытаний РЭВ, в частности, на этапах разработки функционального программного обеспечения и его согласования с общим программным обеспечением и аппаратурой, а также разумная достаточность резервирования оборудования корабля и ЯЭУ. Показана целесообразность создания комплексных математических моделей для выполнения проектных работ до поставки систем управления техническими средствами на корабль. Сделаны выводы об основных, наиболее целесообразных направлениях совершенствования корабельных систем четвертого поколения. Ил. 2. Библиогр. 1 назв.

УДК 623.396.962 **Ключевые слова:** радиолокация, визир, синтезирование апертуры

Ю.С. Ицкович, Ю.В. Арнаут, И.П. Грахова, П.А. Новиков. Пути обеспечения эффективной работы радиолокационных визиров на летательных аппаратах по морским объектам в непосредственной близости от береговой черты // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 85

Рассмотрены особенности работы радиолокационных визиров по морским объектам в непосредственной близости от береговой черты, предложены меры по повышению эффективности путем использования элементов синтезирования апертуры антенных устройств. Ил. 7. Библиогр. 9 назв.

УДК 359:551.501.7; 551.501 (26) **Ключевые слова:** Арктический регион, гидрометеорологические условия, гидрометеорологическое обеспечение

Н.Н. Жильцов, В.П. Свиридов, П.И. Малеев. Особенности гидрометеорологического обеспечения в Арктическом регионе и возможные пути его совершенствования // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 91

Приведены результаты анализа влияния гидрометеорологических условий на силы и средства ВМФ в Арктическом регионе. Выявлены особенности и недостатки гидрометеорологического обеспечения в этом регионе. Предложены пути его совершенствования. Ил. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** экранопланы, транспортный рынок, Сибирь, Дальний Восток, Арктика

К.В. Грибов, Г.А. Федорев, А.С. Знатков, П.А. Шауб, С.В. Москвина. «Ледовый шелковый путь» России.

Концепция использования экранопланов в Арктике // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 95

Рассмотрены проблемы применения экранопланов для транспортировки грузов и пассажиров с учетом интенсивного судоходства на отдельных акваториях Мирового океана и в Арктике с целью увеличения и качественного изменения морских грузопотоков. Наиболее перспективным направлением их использования является создание субевразийского транспортного моста между бурно развивающимся Азиатско-Тихоокеанским регионом (АТР) и Европой с использованием Северного морского пути. Проанализированы принципы выбора перспективных направлений создания и совершенствования экранопланов, а также предпосылки создания скоростных морских транспортных систем с их использованием. Т. 1. Ил. 7. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.7 **Ключевые слова:** интегрированная навигационная система, точность, спутниковая информация, инерциальная информация, компенсация ошибок

А.А. Фомичев, Ю.Ю. Брославец, А.А. Жихарева, П.В. Ларионов, В.Б. Успенский, А.Д. Морозов. Повышение точности интегрированной навигационной системы в автономном режиме за счет совершенствования метода комплексирования инерциальной и спутниковой информации // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 101

Предложено решение задачи увеличения точности ИИСНС при перерывах СНС информацией путем использования различных моделей погрешностей инерциальных датчиков, типов коррекции и компенсации ошибок измерений; приведены описание имитационного моделирования и его результаты. Т. 3. Ил. 5. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.12:539.4 **Ключевые слова:** интервал дискретности, спектральная плотность, погрешность

В.С. Кудишкин. Дискретизация непрерывных записей упругих колебаний корпуса судна при движении во льдах и ее влияние на точность вычисления спектральных характеристик // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 108

Рассмотрены вопросы, связанные с преобразованием непрерывных записей случайных упругих колебаний корпуса судна при его движении во льдах. Такая операция необходима для проведения корреляционного анализа исходных данных и расчета статистических характеристик судна. За меру точности дискретизации принимаются дисперсии оценок математического ожидания и корреляционной функции. Разработанная методика позволяет выбрать интервал дискретности и количество ординат за период колебаний для определения спектральной плотности с заданной точностью. В качестве примера приведен расчет спектральной плотности колебаний корпуса ледокольно-транспортного судна «Обь». Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** атомная подводная лодка, первое поколение, эксплуатация, ремонт

АО «51 ЦКТИС». Обеспечение эксплуатации и ремонта атомных подводных лодок первого поколения // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 115

Подробно рассказано о создании на флотах судоремонтной базы атомных подводных лодок первого поколения, их ремонте, проблемах, возникавших при этом, и поиске решений. Особое внимание уделено участникам этих работ. Ил. 2. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 (091) **Ключевые слова:** Северное ПКБ, эсминец, крейсер, подводные лодки, надводные лодки, ракета, проектирование, испытание, приборы управления, двигатели

В.Е. Юхнин. 60 лет в Северном ПКБ // Морской вестник. 2018. № 2 (66). С. 121

Рассказано о работе автора над проектами боевых кораблей 56, 56А, 56К, 56ЭМ, 1134А, 1134Б, 1135 и 1135М, атомного крейсера пр. 1144. Особое внимание уделено их испытанию; разработке ракетного комплекса, его отладке, разработке комплекса УРО и др. Ил. 13.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor «MathType.» Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

SUMMARIES

UDC 629.035.5 **Keywords:** propeller, ship hull, clearance, size, rationing

G.V. Egorov, M.A. Kuteinikov, A.G. Egorov. On the normalization of the gap between the propeller and the hull of the vessel // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.7

The normalization of the gap between the propeller and the hull of the vessel by various IACS members, manufacturers of propulsion complexes and authors of hydrology reference books has been studied. It is shown that it is expedient to justify the gap taking into account the location, number and type of screws, operational modes, draft and normative contours. T.4. Fig.14. Bibliography 27 titles.

UDC 629.541.2 **Keywords:** ferry, ice class, characteristic

S.A. Milavin. Renewal of the ferry fleet of ships // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.13

On the renewal of the Vanino-Kholmsk ferry crossing through the construction of new high-grade ice-class cars, railroad and passenger ferries, pr. CN-F11CPD/00300. The main technical characteristics of ferries are given, the current state of work on their development and construction is considered. Fig. 4.

UDC 621.3: 338.45: 629.5 **Keywords:** shipbuilding, industry, sectoral management, strategic management, strategy, potential, productivity

A.V. Ivankovich. On the transformation of the shipbuilding management system // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.17

The reasons for the crisis of domestic shipbuilding, the need to transform the management system and the possibility of creating a theoretical and methodological base for this are considered. T.1. Bibliography 7 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** civil shipbuilding, business, state, balance

I.L. Waisman, A.A. Yurchak. On the observance of the balance of interests of the state and business with a view to the development of civil shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.19

According to the Association of Shipbuilders and Manufacturers, in order to update the Russian civilian fleet, diversify and develop the shipbuilding industry, it is necessary to develop a fleet renewal program and the definition of incentive measures for legal entities.

UDC 629.12 **Keywords:** shipbuilding enterprise, labor productivity, ship, quality

A.S. Solov'yev, G.V. Taritsa. Development of production capacities to increase labor productivity and quality of ships under construction // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.20

Current problems of production capacities of domestic shipbuilding enterprises are outlined and ways of their development are pointed out with the aim of increasing labor productivity and ensuring competitiveness in the domestic and foreign markets. The experience of state stimulation and support of shipbuilding in different countries of the world is described. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** ship construction, design documentation, digital model, laser scanning, measuring systems, positioning, CNC machines, production process simulation

M.A. Budnichenko, A.Yu. Spiridonov. Realization of the method of «precise geometry» in the construction of nuclear submarines // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.25

The problem of fulfilling the requirements contained in the design documentation for the construction of ships is considered. A set of measures to improve the technology of construction, including work with the digital model of the ship, the introduction of new methods for monitoring the accuracy of the geometry of manufactured structures and the implementation of a single electronic coordinate system of the order. Fig. 4. Bibliography 7 titles.

UDC 658.5: 629.5 **Keywords:** warehouse, logistics, Modula company, efficiency

D.A. Verigin. Optimization of processes in the field of logistics warehouse complexes // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.29

Modula offers to automate the warehouse and, as a result, improve the speed of order processing and the efficiency of the warehouse staff. Fig. 2

UDC 621.436: 621.438 **Keywords:** The fighting ships, power installations, electromovement, the rowing electric motors, the full electromovement, completely electrified ship.

A.S. Lobanov. The analysis of approaches in a substantiation of power installations the perspective surface ships of the Navy // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.30

In given article tendencies and an orientation of development of domestic and foreign ship power are resulted. Approaches to a substantiation of use of electromovement by the perspective ships are designated, characteristics of perspective rowing electric motors are resulted. Offers on shape of perspective power installations of the domestic ships on the basis of foreign experience express. T. 2. Fig. 3. Bibliography 5 titles.

UDC 629.436.629.5 **Keywords:** diesel-gas turbine unit, composition, design, operation, torsional oscillations, calculation, exclusion zone

V.K. Rumb, V.I. Payusov, P.V. Fetisov. Features of design and calculation of torsional vibrations of marine diesel-gas turbine aggregates // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.37

The design features and problems of creating ship diesel-gas turbine units are considered. Difficulties in ensuring the joint operation of the diesel engine and the gas turbine engine were noted. On the example of the ship diesel-gas turbine unit M55R JSC «ODK-Saturn» the importance of calculating torsional oscillations is proved. Fig. 8

UDC 629.5 **Keywords:** compressor, rotary, pneumatic wash system, icebreaker

L.G. Kuznetsov, Yu.L. Kuznetsov, A.V. Burakov, N.A. Kotlov. Application of rotary compressor systems

of JSC «Compressor» for effective solution of the problems of the pneumo-sweep of the icebreaker body and in alternative civil projects // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.41

The problems of digital design of compressor systems with rotary compressors are considered. The experience of using pneumatic wash systems on icebreakers is analyzed, the main factors of compressor systems affecting the process of pneumatic wash are revealed. The optimum operating parameters of the compressor system for efficient solution of the problems of pneumatic wash and alternative solutions are determined. T.1. Fig. 7. Bibliography 9 titles.

UDC 621.82 **Keywords:** aspect, task, products, measure, problem, industry, shipbuilding market, stakeholder

A.G. Bogdanov, V.I. Chernenko, D.A. Skorokhodov. Strategy of shipbuilding products development // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.45

The analysis of the shipbuilding industry market (ISM) is presented. Data on ISM orders at foreign enterprises are given. The strategy for the development of the Russian sea and river fleets allows us to hope for the rise of the shipbuilding industry and domestic IMS. The peculiarities of the ISM at the present time, which generate problems, on the solution of which depends not only the economic well-being of individual enterprises, but also the regions, are considered. The goals of the creation of a research and production center for «Products of shipbuilding engineering» have been determined, for which the tasks are justified. A list of measures allowing to carry out justified tasks is presented. The estimation of economic and social aspects of creation of the research and production center of «Products of shipbuilding» is given and its main stakeholders are singled out. Bibliography 10 titles.

UDC 678.026.2 **Keywords:** shipbuilding product, thermoplastic composite material, characteristics, test, application

I.V. Pleshchenkov. Experience in developing JSC Vineta thermoplastic composite materials for shipbuilding products // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.50

The experience of mastering the production of samples of thermoplastic composite material on an amorphous matrix is presented at JSC Vineta and the results of its tests for the determination of physicomechanical and operational properties are presented. The work was carried out as part of the development of inertial air purification devices for marine gas turbine and diesel engines. T.1.

UDC 621.355 **Keywords:** HIT (chemical current source), autonomous power supply, HIT classification, retentivity, service life

A.S. Afanas'yev, M.A. Boldyrev, B.V. Zhmurov, A.S. Petrushenko. Analysis of the existing nomenclature of chemical power sources for naval weapons, military and special equipment // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.53

A review of chemical current sources used in modern WWTP facilities was conducted. The detailed description of HIT used in submarines and deep-sea vehicles, surface ships, boats, immobile and limited mobile means of the Navy, jet and deep-sea bombs, electric torpedoes

and anti-submarine missiles is given. The advantages and disadvantages of HIT are formulated, which allow to generalize and unify the basic requirements to the design and operational characteristics of the new HITs being developed. Fig.4. Bibliography 20 titles.

UDC 681.621.3 **Keywords:** cable, gasket, modernization

S.A. Mitrichenko. Modernization of the software for the laying of cables // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.59

It is proposed to use modernized software for the development of the RDK for laying cables and installing the details of fastening cable routes using attributes in AutoCad and transferring data between AutoCad and MS Excel. Fig.5

UDC 621.436: 621.438 **Keywords:** volumetric chemical fire extinguishing systems, volumetric aerosol fire extinguishing systems, foam fire extinguishing systems, water fire extinguishing systems, fire and explosion safety of the ship, fire extinguishing means, vital functions of ship firefighting systems

M.B. Belov, A.Yu. Kudryashov, A.Yu. Kudryavtsev, A.S. Belyaev. Possibilities of using aerosol fire extinguishing systems on Navy ships // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.62

The trends and direction of the development of domestic systems of volumetric chemical and aerosol fire extinguishing are indicated. Particular attention is paid to approaches to the justification of these systems on combat ships and naval vessels, their characteristics are given. After a comparative analysis, the assumption is made that aerosol fire extinguishing systems have a number of advantages in comparison with other fire-fighting systems that allow the possibility of its priority use on ships and ships of the Navy. T. 5. Fig. 5. Bibliography 3 titles.

UDC 62–831.2 **Keywords:** electric drive, ship pipeline fittings, design, development prospects

S.A. Belov. Perspective electric drives for ship pipeline valves // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.65

The serially produced electric drives and tendencies of their development are considered. It is shown that for ship pipeline valves the most promising drive is based on torque motors with permanent magnets on the rotor, and controlled by a block based on a 32-bit microcontroller. T.3. Fig.2. Bibliography 19 titles.

UDC 629.5.06 **Keywords:** JSC SPF Meridian, development, prospects

A.A. Kopanov. The joint-stock company «Scientific and Production Firm «Meridian» – 135 years // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.70

The main activities of JSC SPF Meridian, the most significant developments made recently, as well as the prospects for further development are considered. Fig.7

UDC 681.76 **Keywords:** system of monitoring, control and management of uninterrupted life support, self-contained object, simulation simulation, optoelectronic means of detection and recognition of events, combined application, guaranteed power supply system, engine-generator sets, static power converters, calculation and optimization of parameters, time characteristics

I.O. Prutchikov, V.V. Kamlyuk, E.L. Kaulin, V.I. Mikhailov, I.D. Kurtz. Modeling, calculation of parameters and operating modes of monitoring, control and management systems for uninterrupted life support of autonomous objects on the basis of combined application of opto-electronic means of detection and

recognition of events // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.75

The results of the development of the simulation mathematical model as well as the design studies of the monitoring, control and management system for the uninterrupted life-support of autonomous objects on the basis of combined application of opto-electronic means of detection and recognition of events are presented. As an object of monitoring, control and emergency control, a system of guaranteed power supply has been adopted. The simulation was performed using the SimPowerSystems section of the Simulink package of the Matlab program. To assess the effectiveness of the system under study at various operating modes and optimize its parameters, it is suggested to use the time characteristics obtained by calculation. Fig. 6. Bibliography 6 titles.

UDC 681.5 **Keywords:** ship integrated system, level of integration, algorithmic and information integration, basic technical integration solution, functional software, complex mathematical models, structural reliability

K.Yu. Shilov. Prospects for the development of integrated shipborne systems of the fourth generation // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.81

The main directions of improving the ship integrated systems and complexes of the fourth generation and a number of organizational measures that will take advantage of their advantages are considered. Information and algorithmic levels of integration of naval combat and technical means are presented, basic technical integration solutions are given. The directions of cost reduction at the stages of creation and testing of the REW are discussed, in particular, at the stages of development of functional software and its alignment with common software and hardware, and also reasonable sufficiency of reserving ship equipment and nuclear power. It is shown that it is expedient to create complex mathematical models for carrying out design works up to delivery of control systems of technical equipment to the ship. Conclusions are drawn about the main, most expedient directions tweaked the ship's fourth-generation systems. Fig. 2. Bibliography 1 title.

UDC 623.396.962 **Keywords:** radar, sight, aperture synthesizing

Yu.S. Itskovich, Yu.V. Arnaut, I.P. Grakhova, P.A. Novikov. Ways to ensure the effective operation of radar sighters on aircraft by sea objects in close proximity to the coastline // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.85

Specific features of the operation of radar sighting devices for marine objects in the immediate vicinity of the coastline are considered, measures for increasing efficiency through the use of elements for synthesizing the aperture of antenna devices are proposed. Fig.7. Bibliography 9 titles.

UDC 359: 551.501.7; 551.501 (26) **Keywords:** Arctic region, hydrometeorological conditions, hydrometeorological support

N.N. Zhiltsov, V.P. Sviridov, P.I. Maleev. Features of hydrometeorological support in the Arctic region and possible ways of its improvement // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.91

The results of the analysis of the influence of hydro-meteorological conditions on the forces and assets of the Navy in the Arctic region are given. The peculiarities and disadvantages of hydrometeorological support in this region are revealed. The ways of its improvement are suggested. Fig.1. Bibliography 7 titles.

UDC 629.12 **Keywords:** ekranoplans, transport market, Siberia, Far East, Arctic

K.V. Gribov, G.A. Fedoreev, A.S. Znatkov, P.A. Shaub, S.V. Moskovkina. «Ice Silk Road» of Russia. The concept of using ekranoplanes in the Arctic // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.95

The problems of using ekranoplans for transporting goods and passengers are considered taking into account intensive navigation on separate water areas of the World Ocean and in the Arctic with the purpose of increasing and qualitative change of sea freight flows. The most promising direction of their use is the creation of a sub-Eurasian transport bridge between the rapidly developing Asia-Pacific region (APR) and Europe using the Northern Sea Route. The principles of choosing promising directions for the creation and improvement of ekranoplans, as well as the prerequisites for creating high-speed marine transport systems with their use are analyzed. T. 1. Fig. 7. Bibliography 7 titles.

UDC 629.7 **Keywords:** integrated navigation system, accuracy, satellite information, inertial information, error compensation

A.A. Fomichyov, Yu.Yu. Broslavets, A.A. Zhikharev, P.V. Larionov, V.B. Uspensky, A.D. Morozov. Improving the accuracy of the integrated navigation system in an autonomous mode due to the improvement of the method of combining inertial and satellite information // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.101

The solution of the problem of increasing the accuracy of IIS during the breaks of the SNA information is proposed by using various models of errors of inertial sensors, types of correction and compensation of measurement errors; the description of simulation modeling and its results are given. T.3. Fig.5. Bibliography 4 titles.

UDC 629.12: 539.4 **Keywords:** interval of discreteness, spectral density, error

V.S. Kudishkin. Discretization of continuous records of elastic vibrations of the hull of a vessel during the motion in ice and its influence on the accuracy of the calculation of the spectral characteristics // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P.108

Questions related to the transformation of continuous records of random elastic vibrations of the ship hull during its movement in ice are considered. Such an operation is necessary to perform a correlation analysis of the initial data and calculate the statistical characteristics of the vessel. For the measure of the accuracy of the discretization, variances are made for estimating the mathematical expectation, variance, and correlation function. The developed technique allows to choose the interval of discreteness and the number of ordinates for the period of oscillations to determine the spectral density with a given accuracy. As an example, the calculation of the spectral density of oscillations of the hull of the ice-breaking vessel «Ob» is given. T. 2. Fig. 4. Bibliography 5 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** nuclear submarine, first generation, operation, repair

JSC 51 CDTISR. Maintenance of operation and repair of nuclear submarines of the first generation // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P. 115

Details are given of the creation of the first-generation nuclear submarines in the fleet of the ship-repair base, their repair, the problems that arose in this, and the search for solutions. Particular attention is paid to the participants of these works. Fig. 2. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5 (091) **Keywords:** Severnoye DB, destroyer, cruiser, submarines, surface boats, missile, design, testing, control devices, engines

V.E. Yukhnin. 60 years in the Severnoye Design Bureau // Morskoy Vestnik. 2018. № 2 (66). P. 121

A detailed account is given of the author's work on the projects of combat ships 56, 56A, 56K, 56EM, 1134A, 1134B, 1135 and 1135M, and the nuclear cruiser 1144. Particular attention is paid to their testing; the development of a missile complex, its debugging, the development of a complex of URO and other. Fig. 13.