

Морской



№3(71)
сентябрь
2019
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



ОАО «Пелла» традиционно приняло участие в Международном рыбопромышленном форуме и Выставке рыбной индустрии, морепродуктов и технологий, которые прошли в КВЦ «Экспофорум» с 10 по 12 июля 2019 г., где представило серийные и перспективные проекты современных промысловых судов.

В настоящее время верфь активно участвует в обновлении промышленного флота страны. С этой целью предприятие ведет разработку новых проектов, подготовку и освоение их серийного производства с учетом потребностей потенциальных заказчиков и опыта их работы.

На стенде верфи (G5 павильон F) был представлен типоряд современных промысловых судов, освоенных производством за последние годы, и новые перспективные проекты, в том числе судов для добычи краба на базе пр. 03070.

Судно пр. 03070 – первое в России судно, предназначенное для специализированного донного лова краба (камчатского, опилию, синего и пр.) конусными ловушками «японского» типа с последующей сортировкой и перегрузкой в решетчатые корзины и транспортировкой живого краба, уложенного в охлажденной и подготовленной забортной воде, в специальных термоизолированных цистернах (RSW-танках).

Проект этого современного высокотехнологичного морского судна был разработан конструкторским бюро верфи в тесном сотрудничестве и взаимодействии с представителями заказчика – промышленной компанией «Антей».

Проект 03070 – универсальный, в него заложена идея «единой платформы», что позволяет на базе универсального корпуса со стандартным размещением основного энергетического оборудования создавать промысловые суда различного назначения. В проекте пре-

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ПЕЛЛА» НА III МЕЖДУНАРОДНОМ РЫБОПРОМЫШЛЕННОМ ФОРУМЕ И ВЫСТАВКЕ РЫБНОЙ ИНДУСТРИИ, МОРЕПРОДУКТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

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



Стенд ОАО «Пелла» на форуме

дусмотрена возможность исполнения двух вариантов краболовного судна:

- для добычи и транспортировки живого краба, уложенного в решетчатые корзины, в охлажденной и подготовленной забортной воде в специальных термоизолированных цистернах (RSW-танках);
- в виде краболова-процессора проекта 03074, предназначенного для

специализированного донного ярусного способа лова краба конусными ловушками «японского» типа с последующей сортировкой и обработкой улова варкой, упаковкой и заморозкой конечного продукта лова (крабовых конечностей), а также транспортировкой конечного замороженного продукта лова в морозильном трюме.

Кроме того, были представлены:

- комбинированный сейнер пр. 03072, предназначенный для лова рыбы кошельковым неводом и снюрреводом, хранения и сохранения улова (до 7 суток) в RSW-танках с охлаждаемой морской водой и транспортировки улова в необработанном виде на береговые приемные мощности;
- судно ярусного лова пр. 03073, предназначенное для специализированного донного лова трески, пикши, зубатки и палтуса с помощью донного яруса, обработки улова на борту судна (сортировка, разделка, потрошение, заморозка и упаковка готового продукта) с последующим хранением замороженного продукта в морозильном трюме.



Модель судна ярусного лова пр. 03073

Продолжение см. с. 6

Морской Вестник



№ 3 (71)
сентябрь
2019

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

М.В. Александров, генеральный директор АО «ЦТСС», президент Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

В.С. Никитин, президент Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»

А.С. Бузак, генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

Е.Т. Гамбашидзе, генеральный директор АО «Системы управления и приборы»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор АО «СПМБМ «Малахит»

В.В. Дударенко, председатель совета директоров ООО «Судпромкомплект»

А.А. Дьячков, генеральный директор АО «Северное ПКБ»

Г.В. Егоров, генеральный директор ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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 «51 ЦКТИС»

И.М. Мухутдинов, генеральный директор ПАО «СФ «Алмаз»

Н.В. Орлов, председатель Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.Г. Родионов, генеральный директор АО «Кронштадт Технологии»

С.В. Савков, генеральный директор АО «Новая ЭРА»

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

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

С.Б. Сухов, генеральный директор ООО «Пумори-северо-запад»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

В.А. Титлянов, генеральный директор АО «ГНИНГИ»

А.Л. Ульянов, генеральный директор ООО «Нева-Интернэшнл»

С.Г. Филимонов, генеральный директор АО «Концерн Морфлот»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор ОАО «Пелла»

В.В. Шаталов, генеральный директор АО КБ «Вымпел»

К.Ю. Шилов, генеральный директор АО «Концерн «НПО «Аврора»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор АО «ЦМКБ «Алмаз»

И.В. Щербаков, генеральный директор ООО ПКБ «Петробалт»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- Судостроительный завод «Пелла» на III Международном рыбопромышленном форуме и Выставке рыбной индустрии, морепродуктов и технологий* 1
- А. Г. Егоров**. Принципы проектирования речных круизных судов с использованием судов-доноров 9
- Жизнь на воде. Предложения Северного ПКБ* 17
- А. Ю. Баранов, Л. В. Иванов**. Анализ конструктивных особенностей систем хранения груза для модернизации проекта речного танкера класса река-море 18
- А. В. Февральских**. Возможности автоматизации концептуального проектирования скоростных судов с аэродинамическим поддержанием 22
- А. С. Соловьев, И. В. Щербаков, В. А. Власов**. Управление проектными работами в судостроении с использованием автоматизированной системы поддержки проектных работ «Меридиан» 27
- А. В. Шляхтенко, А. Л. Ивченко**. «Молниям» – 40 лет 32
- Р. А. Шмаков**. К 100-летию со дня рождения генерального конструктора АО «СПМБМ «Малахит» Г.Н. Чернышёва 41

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

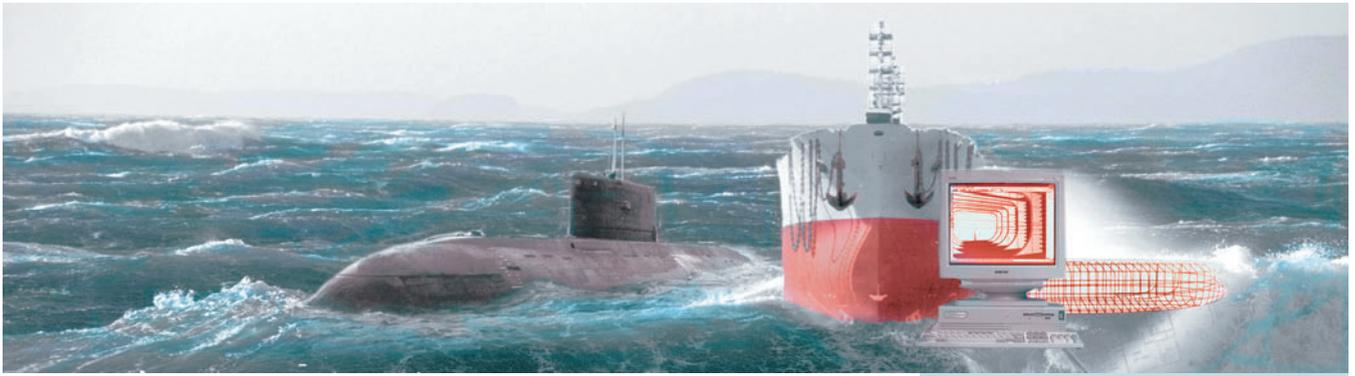
- В. П. Лянзберг, Н. М. Вихров, А. А. Шнуренко**. К вопросу выбора параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления 47
- А. А. Бурькин, М. И. Краморенко**. Оценка эффективности системы экономической безопасности предприятий, выполняющих государственный оборонный заказ 48
- А. О. Кулакова, Д. В. Осипова**. Внедрение трехмерной геоинформационной системы на предприятии на примере АО «Адмиралтейские верфи» 51
- О. А. Нестерец**. Опыт АО «51 ЦКТИС» по продлению полных сроков службы кораблей и судов ВМФ 55

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- Е. Г. Пучков**. Оценка живучести энергетических установок надводных кораблей 59
- В. В. Фогель, Е. А. Густякова**. Уменьшение потерь мощности в мощных преобразовательных устройствах систем компенсации корабельных магнитных полей 63
- М. А. Александров, Н. А. Грибенюк**. Модель устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов на основе пространственного шарнирного механизма 67
- В. В. Барановский, К. А. Ефремов**. Общая проблематика разработки и создания перспективных корабельных газотурбинных двигателей многоцелевых надводных кораблей ВМФ 72
- О. О. Лебедев**. Разработка трубоного пучка рациональной конструкции для конденсатора паровых турбин 80
- Участники МВМС–2019 впервые встали за пульт управления новейшей судовой трубопроводной арматурой* 83

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- В. М. Амбросовский, Д. В. Казунин, А. П. Орлов**. Система управления автономных и дистанционно управляемых судов 87



А. Н. Попадьян. Автоматизированная настройка ПИД-регулятора для управления следящим приводом с использованием программного пакета MATLAB Simulink 93

В. С. Кожевников, Александр Сячин. Инновационные технологии подводных измерений 99

Р.В. Долбилин, Ю.И. Стекольников. Обоснование необходимости встроенного контроля работоспособности расходных элементов корабельных систем 100

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

М. В. Гомзяков. Аварийность на море: вес и цена человеческого фактора 102

МОРСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В. В. Григорьев-Голубев, Ю. И. Нечаев, К. В. Рождественский. Интеллектуальные технологии в системе подготовки иностранных специалистов в области кораблестроения 107

М. С. Ковальский. Типовые требования к подготовке экипажей судов, подпадающих под действие кодекса МГТ, в соответствии с требованиями Международной конвенции ПДНВ-78/95 (Части А-V/3) 112

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Б. А. Барбанель, В. Н. Половинкин, С. В. Федулов. Изучение и использование немецких новинок минно-торпедного вооружения в интересах отечественного флота (1945–1946) 115

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Подготовка инженерных кадров для военного кораблестроения – государственная задача 117

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Б.В. Григорьев. К 75-летию В.Л. Александрова 118

Постановление пленума НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова 120

А. С. Орыщенко. Современные материалы для Арктики 122

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Итоги совместного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга 124

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

Г.А. Гребенищикова. К 65-летию Н.В. Орлова 127

49-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания 128

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

Д.С. Глухов

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Редакционная коллегия

Г.Н. Антонов, д-р техн. наук

А.И. Гайкович, д-р техн. наук, проф.

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Д.В. Казунин, д-р техн. наук

Р.Н. Караев, канд. техн. наук

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

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

П.А. Кротов, д-р истор. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН

В.Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичёва

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12047 от 11 марта 2002 г.

Учредитель-издатель

ООО Издательство «Мор Вест»,

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

Электронная версия журнала

размещена на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.ru и включена

в Российский индекс научного цитирования

Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»

включен в перечень ведущих научных журналов и

изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест»

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс»

Тираж 1000 экз. Заказ № 1432

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



№3(71)
September
2019

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

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

V.S. Nikitin,

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

G.A. Turichin, Rector SPbSMTU

Council Members:

M.A. Alexandrov, Director JSC CRIME

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

A.A. Diachkov, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

V.Yu. Dorofeev, General Director

JSC SPMDB Malachite

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

JSC Sudpromkomplekt

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau Spb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Morflot

E.T. Gambashidze, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armatit

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

JSC NE

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director JSC CMDB Almaz

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

S.B. Sukhov, General Director

JSC Pumori-north-west

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

V.A. Titlyanov, General Director JSC SRNHI

G.R. Tsaturov, General Director

OJSC Pella

A.L. Ulyanov, General Director

LLC Neva International

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

<i>Pella Shipyard at the III International Fishery Forum and Exhibition of the Fish Industry, Seafood and Technologies</i>	1
<i>A. G. Egorov. Principles of designing river cruise ships using donor</i>	9
<i>Life on water – the proposals of the Severnoye Design Bureau</i>	17
<i>A. Yu. Baranov, L. V. Ivanov. Analysis of the design features of cargo storage systems for the modernization of the project of a river tanker of the river-sea class</i>	18
<i>A. V. Fevral'skikh. Automation capabilities for the conceptual design of high-speed vessels with aerodynamic support</i>	22
<i>A. S. Soloviev, I. V. Shcherbakov, V. A. Vlasov. Management of design work in shipbuilding using the Meridian automated design support system</i>	27
<i>A. V. Shlyakhtenko, A. L. Ivchenko. «Molniya» – 40 years</i>	32
<i>R. A. Shmakov. On the occasion of the 100th birthday of G. N. Chernyshev – General Designer of SPMDB Malachite JSC</i>	41

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANISATION OF SHIPBUILDING

<i>V. P. Lyanzberg, N. M. Vikhrov, A. A. Shnurenko. To the question of choosing the parameters of the crimp washer of high pressure windows</i>	47
<i>A. A. Burykin, M. I. Kramorenko. Evaluation of the effectiveness of the economic security system of enterprises performing the state defense order</i>	48
<i>A. O. Kulakova, D. V. Osipova. Implementation of a three-dimensional geographic information system at an enterprise using the example of Admiralty Shipyards JSC</i>	51
<i>O. A. Nesterets. The experience of 51 CDTISR JSC in extending the full service life of ships and vessels of the Navy</i>	55

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

<i>E. G. Puchkov. Survival assessment of power plants of surface ships</i>	59
<i>V. V. Fogel, E. A. Gustyakova. Reducing power losses in powerful converting devices of compensation systems for ship magnetic fields</i>	63
<i>M. A. Alexandrov, N. A. Gribenyuk. A model of a device for testing products for resistance to rolling and long-term inclinations based on a spatial articulated mechanism</i>	67
<i>V. V. Baranovsky, K. A. Yefremov. General problems of the development and creation of promising ship gas turbine engines of the Navy's multi-purpose surface ships</i>	72
<i>O. O. Lebedev. Development of a tube bundle of a condenser of steam turbines of rational design</i>	80
<i>The participants of IMDS-2019 for the first time stood up for the control panel the latest ship pipe fittings</i>	83

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

<i>V. M. Ambrosovsky, D. V. Kazunin, A. P. Orlov. The control system of autonomous and remotely controlled ships</i>	87
<i>A. N. Popad'in. Automated tuning of PID regulator to control servo drive using the software package MATLAB Simulink</i>	93



V. S. Kozhevnikov, Alexander Syachin. Innovative technologies of underwater measurements..... 99
R. V. Dolbilin, Yu. I. Stekol'nikov. Justification of the need for built-in performance monitoring of consumable elements of ship systems 100

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

M. V. Gomzyakov. Accident at sea: weight and price of the human factor..... 102

MARITIME EDUCATION

V. V. Grigor'ev-Golubev, Yu. I. Nechaev, K. V. Rozhdestvensky. Intelligent technologies in the system of training foreign specialists in the field of shipbuilding 107
M. S. Kovalsky. Typical requirements for the training of crews of ships subject to the MGT code in accordance with the requirements of the International Convention STCW-78/95 (Parts A-V/3) 112

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

B. A. Barbanel, V. N. Polovinkin, S. V. Fedulov. The study and use of German novelties of mine-torpedo weapons in the interests of the domestic fleet (1945–1946)..... 115

ON A BOOKSHELF

Training engineering personnel for military shipbuilding – a state task 117

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

To the 75th anniversary of V. L. Aleksandrov 118
 Resolution of the plenum of the Scientific and Technical Association of shipbuilders named after acad. A. N. Krylov 120
A. S. Oryshchenko. Modern materials for the Arctic 122

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

Results of the joint meeting of the Association of Shipbuilders of Saint-Petersburg and the Leningrad Region and the Shipbuilding Section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg 124

IN THE MARITIME ASSEMBLY

G. A. Grebenshchikova. To the 65th anniversary of N. V. Orlov 127
 49th Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Assembly 128

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

G. N. Antonov, D. Sc.

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

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

E. A. Gorin, D. Sc.

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

D. V. Kazunin, D. Sc.

R. N. Karaev, Ph. D.

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

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

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

P. I. Maleev, D. Sc.

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

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

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

L. A. Promyslov, Ph. D.

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

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

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

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T. I. Ilyichiova

Design, imposition

S. A. Kirillov, V. L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002

Founder-Publisher

JSC Publishing House «Mor Vest»

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC «Nauchnaya elektronnoyaya

biblioteka» www.e-library.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 № 1432

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



Модель научно-исследовательского судна пр. ST-368

Среди новинок представлены также проекты: научно-исследовательского судна пр. ST-368, траулера-процессора пр. NVC 375:

- научно-исследовательское судно промыслового флота пр. ST-368 предназначено для исследований запасов водных биологических ресурсов в прибрежной зоне Российской Федерации и в ближних океанических водах. Разработка проекта осуществляется в сотрудничестве с норвежским проектным бюро Skipsteknisk AS. Для выполнения исследовательских работ на судне предусмотрены специальные помещения и лаборатории: операционный центр, гидробиологический блок, гидрохимический и гидрологический блок, помещение отбора проб с системой прокачки заборной воды, ихтиологический и технологический блок.
- траулер-процессор пр. NVC 375 предназначен для вылова донных и пела-

гических пород рыб с использованием одиночного и двойного (спаренного) промыслового оборудования для тралового лова и полного цикла обработки улова на борту (производство консервов, рыбной муки и рыбьего жира). Проект разрабатывается совместно с норвежской компанией Kongsberg Maritime.

Помимо новых перспективных проектов на стенде верфи представлены уже освоенные серийные проекты рыболовных судов.

В настоящее время на верфи ведется строительство четырех траулеров пр. 03095 и два средних рыболовных морозильных траулеров пр. 1701: траулер-процессор пр. 03095 предназначен для ловли донных пород рыб и полного цикла обработки лова на борту судна, в том числе производство консервов и рыбной муки.

Потрошенная обезглавленная или неразделанная рыба замораживается в вертикальных плиточных морозильных

аппаратах, филе – в горизонтальном морозильном аппарате.

Рыбофабрика траулера оснащена оборудованием для сортировки, обезглавливания, потрошения и филетирования рыбы, а также для выпуска кормового фарша, ликвидных рыбных отходов, рыбной муки и консервов.

Средний рыболовный морозильный траулер пр. 1701 предназначен для донного и пелагического промысла и обработки улова на борту судна.

Потрошенная обезглавленная или неразделанная рыба замораживается в вертикальных или горизонтальных плиточных морозильных аппаратах. Филе замораживается в горизонтальных морозильных аппаратах. Рыбофабрика траулера оснащена оборудованием для сортировки, обезглавливания, потрошения и филетирования рыбы, а также для выпуска кормового фарша и ликвидных рыбных отходов.

Также на стенде ОАО «Пелла» были представлены серийно изготавливаемые суда технического флота – современные высокоманевренные буксиры арктического класса пр. 90600 и пр. ПЕ-65.

Буксир пр. 90600 предназначен для выполнения буксировочных и кантовочных операций в порту, на рейдах и в прибрежных районах, оказания помощи в порту, снятия с мели кораблей, а также тушения пожаров на судах и береговых сооружениях. Сила тяги буксира составляет от 23 до 32 т, мощность главных двигателей – от 1500 до 2400 кВт.

Многофункциональный буксир пр. ПЕ-65 предназначен для эскортирования, проводки и кантовки крупнотоннажных судов дедевитом до 100 000 т, а также выполнения широкого круга обязанностей, таких как спасательные операции, тушение пожаров, оказание помощи судам, терпящим бедствие и др. Сила тяги составляет около 63 т, мощность главных двигателей – около 4000 кВт. ■



Спуск на воду головного траулера «Скорпион» пр. 1701

СПРАВКА: ОАО «ЛЕНИНГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ПЕЛЛА»

Судостроительный завод «Пелла» расположен на левом берегу р. Нева в г. Отрадное Кировского района Ленинградской области.

Завод существует 55 лет – с 60-х гг. прошлого века, имеет две площадки:

- старую (с территорией 13 га в центре г. Отрадное), где строятся буксиры, служебно-разъездные катера, лоцманские боты, прогулочные лодки, и другие суда длиной не более 50 м с небольшой осадкой – до 3,5–4 м (из-за порогов на Неве);
- новую (на расстоянии 5 км, с территорией 22 га) – на границе с Санкт-Петербургом, здесь можно строить современные морские суда длиной до 100 м и спусковой осадкой до 6 м (порогов на Неве тут уже нет).

В 1992 г. предприятие стало акционерным обществом.

ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла» – это интегрированная структура, подразделения которой специализируются по технологическому принципу:

- стальное и алюминиевое судостроение,
- судовое машиностроение,
- изделия и конструкции из композитных материалов,
- монтаж оборудования и всех систем,
- окраска и отделка судовых помещений,
- достроечные работы.

В 2012 г. акционеры завода поддержали инициативу генерального директора Г. Р. Цатурова на средства предприятия реализовать инвестиционный проект – создать новый судостроительный комплекс – *современную компакт-верфь* для постройки высокотехнологичных *морских судов длиной до 100 м* в целях обновления технического, рыбопромыслового и специального научно-исследовательского флота России.

Новая компакт-верфь заводом была построена в 2013–2015 гг. и рассчитана на 1200 высокотехнологичных рабочих мест, в 2016 г. была принята в эксплуатацию. Компакт-верфь создавалась в рамках системного инвестиционного проекта, одобренного региональными властями и затем Наблюдательным Советом АСИ под председательством В. В. Путина. Презентация компакт-верфи Президенту страны состоялась 21 июля 2016 г. на юбилейной выставке лучших проектов АСИ в Москве.

Объем инвестиций для строительства компакт-верфи составил 6,2 млрд руб. Фактическая численность работающих на ОАО «Пелла» возросла с 1200 чел. до 2400 чел. Годовой объем производства продукции за три последних года возрос почти в 3 раза с 5 млрд руб. до 14 млрд руб.

На мощностях ОАО «Пелла» за последние три года:

- построены, испытаны и переданы заказчикам в эксплуатацию 7 ед. специальных морских судов, в том числе 4 мощных морских буксира-спасателя арктического класса, рыбопромысловое судно ярусного лова (поставлено на экспорт в Норвегию);
- спущены на воду для достройки и испытаний еще 7 морских судов, в т.ч. траулер «Андромеда» длиной 70 м, траулер «Скорпион» длиной 60 м и судно-краболов «Русь»;
- ведется строительство еще 6 ед. современных высокотехнологичных промысловых судов–траулеров и краболовов.

При создании нового комплекса руководство АСИ и его представители в Северо-Западном федеральном округе оказали действенную помощь в ускорении решения вопросов по созданию искусственного земельного участка для размещения гидротехнического сооружения верфи (судоспускowego канала и достроечных набережных на р. Нева) и технологическому присоединению к сетям «Ленэнерго».

Показатели ОАО «Пелла» на 2019 г.

Годовой объем производства	17 млрд. руб.
Средняя заработная плата	70 тыс. руб.
Объем переработки металла:	
на новом комплексе	10 тыс. т
на старой площадке	до 5 тыс. т
Итого	15 тыс. т



Постановка проблемы. Общая пассажировместимость отечественного речного круизного флота продолжает снижаться за счет списания судов, а также за счет уменьшения числа мест при повышении комфортабельности во время переоборудований [1]. При этом наблюдается тенденция роста платежеспособности клиентов, в том числе иностранных. Растут требования отечественных туристов к уровню предоставляемых им услуг, уровню комфортабельности речных круизных пассажирских судов (РКПС) [2].

Рано или поздно всем существующим РКПС придется пройти переоборудование под современные представления «отеля» на воде. С учетом требований к обеспечению безопасности, необходимости замены морально и физически устаревшего судового оборудования затраты на такой комплекс работ (модернизацию) сопоставимы со стоимостью постройки нового судна (достигают 30–50% от стоимости нового судна). Понятно, что это приведет к утилизации значительной части существующих РКПС [3].

Цель статьи – обоснование технических требований к новым формам строительства круизных судов, которые сочетали бы возможность создания новых комфортабельных и надежных РКПС и ограниченные ресурсы владельцев этих судов.

Как показали исследования автора, через 10 лет в эксплуатации останутся чуть больше 50 относительно «свежих» судов, которые пройдут переоборудование, модернизацию и конверсию и будут использоваться для работы с иностранцами в наиболее выгодном сегменте туристического бизнеса [4].

Как результат, для своих туристов практически не останется достаточного количества судов класса «М», пригодных для выполнения «классических» речных круизов, включая Ладогу и Онегу.

Другой аспект, влияющий на переоборудования круизных судов, заключается в том, что если стоимость суток в стандартной каюте растет ежегодно на 5–10%, то переоборудование судна (с увеличением площади и комфортабельности кают) приводит к разовому удорожанию круизных суток на 40–60%. Поэтому туроператоры и составляют ежегодные планы переоборудования судов на основании анализа спроса.

Переоборудование предполагает повышение уровня комфортабельности РКПС до уровня 4-звездочного отеля. Проведение таких работ целесообразно только для относительно новых и достаточно больших четырехпалубных РКПС, у которых еще не выработан технический ресурс судовых машин, механизмов, систем [3].

Снижение общего количества РКПС в эксплуатации потребует замены устаревшего флота на современный. На это, в свою очередь, потребуются довольно много лет, значительные финансовые и трудовые затраты, а освободившуюся нишу на внутренних перевозках быстро займут иностранные судовладельцы, активно стремящиеся завоевать рынок внутренних водных путей. Во избежание подобной ситуации необходимо искать альтернативные пути решения проблемы.

Существуют следующие пути обновления флота РКПС [5, 6]:

1. Модернизация (существенное переоборудование) пассажирских судов. Широко применяется в международной и отечественной практике для приведения РКПС к современным требованиям и тенденциям в морских и речных круизах из-за высокой строительной стоимости пассажирских судов. Включает помимо переоборудования пассажирской части до уровня 4-звездочного отеля замену и (или) капитальный ремонт судового оборудования. Является инструментом в среднесрочной перспективе.

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЧНЫХ КРУИЗНЫХ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУДОВ-ДОНОРОВ

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

2. Строительство нового флота, включая строительство судов с использованием элементов судов-доноров. Инструмент для долгосрочной перспективы.

Особое место занимает конверсия (от англ. conversion) судна – значительная, как правило, размерная модернизация судна с предъявлением его по всем частям как нового, т.е. на соответствие требованиям международных конвенций и правил классификационного общества на дату предъявления.

Необходимость конверсии в целом по всему гражданскому флоту объясняется следующими причинами:

- изменение назначения судна в связи с изменением структуры грузопотоков, переориентация на другие виды грузов, унификация грузовых мест, иные районы плавания и т.п.;
- моральное старение судов, обусловленное изменением технологии перевозки грузов и обработки грузов в портах, ужесточением международных и национальных требований, изменением цен на топливо, необходимостью смены промышленного и иного технологического оборудования и т.п.;
- физическое старение судов и их отдельных элементов;
- значительные повреждения судов, полученные в результате аварий [7].

В зарубежной практике подобные модернизации были связаны не только с изменениями типа, возможностей и главных размерений судна, но и с назначением новой даты постройки (изменение года постройки). При этом все части судна предъявлялись классификационному обществу на соответствие требованиям правил и международных конвенций по состоянию на новую дату постройки с обеспечением соответствующего уровня надежности.

Конверсия судов позволяет решать задачи по существенному продлению срока службы и повышению безопасности в разумные сроки и с меньшими, чем при обычном судостроении, затратами. Некоторые суда устаревают морально задолго до наступления предельного физического износа их корпусов и механизмов. Причем преждевременное моральное старение не является, как правило, результатом просчетов при проектировании и постройке судов; зачастую их рано сдавать на слом, и выходом из такого положения может стать модернизация или переоборудование [6].

В качестве примера можно привести отечественные суда речного флота, которые даже после 20-летней эксплуатации на внутренних водных путях имеют практически неизношенные корпуса и вполне пригодные механизмы. Изменилась экономическая обстановка, и они стали невостребованными по своему проектному назначению [8].

На основе уже более 15-летнего опыта проведения таких работ «Морским инженерным бюро» при конверсии необходимо выполнить следующие действия:

- принять решение судовладельцем о строительстве РКПС с использованием элементов ранее эксплуатировавшегося судна;
- списать (из реестра классификационного общества и государственного реестра) судно-донор;
- разработать и согласовать с классификационным обществом (КО) эскизный проект нового РКПС;

- выполнить дефектацию корпуса, оборудования и механизмов судна в объеме, предписанном эскизным проектом для составления окончательного перечня оборудования, которое будет использоваться с ранее эксплуатировавшегося судна, и составить окончательный перечень нового оборудования;
- заключить контракт на строительство судна;
- разработать и согласовать с КО классификационный проект судна;
- заложить киль нового судна;
- построить с выполнением предписанных проектом работ под техническим наблюдением КО, оформить все приемы на все элементы;
- провести швартовно-ходовые испытания и опыт кренования судна, разработать эксплуатационную документацию;
- сдать судно, оформить и выдать на него документы КО.

Учитывая, что элементы списанного судна имеют различное техническое состояние, строительство судов по названной выше схеме предусматривается на ограниченный (по сравнению с принятым обычно) расчетный срок эксплуатации – 15–20 лет.

Постройка с использованием элементов списанного судна возможна только после того, как судно-донор снято со всех видов учета (это дает возможность выполнить его разделку и использовать отдельные элементы).

Допускаемые для использования при строительстве нового судна элементы эксплуатировавшихся судов должны пройти процедуры дефектации, ремонта и подтверждения соответствия требованиям правил КО как с точки зрения пригодности по техническому состоянию корпусных конструкций, машин и оборудования, так и по свойствам материалов, ранее использованных в эксплуатировавшихся элементах.

Резерв срока службы или степень изношенности указанных элементов определяют расчетом прочности и долговечности на основе проведенного анализа фактического состояния с помощью ультразвуковой толщинометрии. Объем восстановительных работ по таким конструкциям определяют в зависимости от предполагаемого срока службы и от финансовых ресурсов судовладельца.

При конверсии не допускается использовать по прежнему назначению бывшие в работе наиболее нагруженные и выработавшие свой усталостный ресурс корпусные конструкции. Применение эксплуатировавшихся корпусных конструкций допускается прежде всего при формировании сборочных единиц, которые не участвуют в обеспечении общей прочности судна, таких как объемные и плоскостные секции, расположенные на длине 0,30 от носового и кормового перпендикуляров, секции надстройки или ее частей; а также другие конструкции, не участвующие в общем изгибе корпуса (борта, вторые борта, поперечные связи и т.п.).

Перечисленные ограничения исключают из применения для нового судостроения ответственные конструкции, которые могли выработать усталостный ресурс, но повреждения которых (в виде микротрещин) могут быть не обнаружены при дефектации корпуса [3, 6].

Основанием для выдачи свидетельства о подтверждении соответствия требованиям правил КО на элемент корпуса является:

- соответствие механических свойств и химического состава материала используемого не нового элемента корпусной конструкции требованиям, предъявляемым к судостроительным сталям, что требует проведения соответствующих испытаний и анализов;
- соответствие используемого не нового элемента требованиям правил КО с учетом предполагаемого расчетного срока эксплуатации судна, установленного с учетом механических свойств материала новых элементов, и его годное техническое состояние.

Перечисленные ограничения позволяют наиболее эффективно использовать элементы списанного судна, а именно:

- если эти элементы имеют достаточный резерв по сроку службы, то строительство судна ведется исходя из условий планируемой его 20-летней эксплуатации;
- если эти элементы изношены в большей мере, то строительство судна ведут из условия его 15-летней эксплуатации.

Во время и после завершения строительства судно и его элементы принимаются и испытываются с проверкой показателей, заложенных в проект, а также всех нормативов, требуемых правилами КО для нового судна.

Последующее (за сдаточными испытаниями) первоначальное освидетельствование в соответствующем объеме, выдача свидетельства на годность к плаванию, классификационного свидетельства и других документов, предписанных правилами КО, позволяют зарегистрировать судно в соответствии с международными и национальными процедурами. Срок эксплуатации этого судна начнет исчисляться с момента выдачи классификационного свидетельства, т.е. судно получает новую дату закладки киля и новую дату постройки [6].

Таким образом, одним из наиболее рациональных путей сохранения круизного флота является строительство РКПС с использованием элементов существующих судов-доноров. При этом принципиально важно не только обеспечение ресурса судна и его элементов, но и изменение его технико-экономических показателей, создание новых возможностей и, как результат, увеличение эффективности за счет нового качества, в том числе на основе опыта ведущих круизных операторов Европы, Америки и новых отечественных проектов [1, 2, 9].

Учет при конверсии опыта европейских речных круизных судов. Для внутренних водных путей Европы из-за определяющих ограничений ширины и высоты судна (габариты шлюзов и мостов) характерны двухпалубные РКПС с относительно малой шириной. Для судов, работающих в системе Рейн–Майн–Дунай, длина не превышает 135,0 м, ширина – 11,4 м. Суда для французских ВВП имеют длину и ширину 110,0 м и 11,4 м соответственно.

По архитектурно-конструктивному типу их можно охарактеризовать как самоходные плавучие гостиницы. На палубах надстройки, как правило, отсутствуют проходы по бортам. Самая верхняя палуба (Солнечная Палуба – Sun Deck) часто оборудуется бассейном и съемными (для обеспечения надводного габарита судна) тентами от солнца. Порой палубы с целью рационального использования внутренней площади выполняются закрытыми, а для прогулок используют Sun Deck (рис. 1).

Гостиничные пространства включают в себя пассажирские каюты, рестораны, места отдыха, бары, магазины, солнечные и прогулочные палубы, а также пространства, обеспечивающие связь между ними, т.е. коридоры, залы, лестницы и лифты. Сюда же входят помещения для обслуживающего персонала



Рис. 1. Проект современного европейского РКПС «Amadeus Imperial» для системы Дунай–Майн–Рейн. Планируется сдать в эксплуатацию в 2020 г. Источник: Luffner Cruises

(служебные помещения, камбуз, кладовые, прачечные) и экипажа (каюты, кают-компания, комнаты отдыха) [10].

Для более подробного анализа были выбраны некоторые суда ведущих операторов европейского рынка речных круизов. Сравнение распределения площадей палуб европейских речных круизных пассажирских судов представлено в табл. 1. Сравнение удельных (из расчета на одного пассажира) площадей различных помещений европейских речных круизных пассажирских судов представлено в табл. 2.

Таблица 1

Относительное распределение площадей палуб европейских речных круизных пассажирских судов

Тип судна	Площадь помещений, %			
	пассажирские каюты	коридоры	салоны	прочие
«AmaBella»	28,0	6,4	16,8	38,5
«VIKING Freya»	28,3	5,1	20,5	30,8
«VIKING Sun»	31,9	7,3	26,9	33,9
«VIKING Europe»	29,4	6,1	21,8	42,8
«VIKING Prestige»	36,3	6,0	25,0	32,7
«AVALON Tranquility»	29,4	7,8	18,9	43,8
«AVALON Felicity»	20,2	6,3	19,0	42,0
«AVALON Panorama»	26,9	5,6	18,1	39,2
«A-Rosa Riva»	27,2	3,9	31,2	31,5
«A-Rosa Aqua»	30,5	3,5	33,5	32,4

На РКПС последних лет постройки, работающих на реках Западной Европы под флагами Германии, Голландии и Швейцарии, суммарная площадь помещений пассажирского блока составляет 61–71% (для сравнения, на эксплуатирующихся отечественных РКПС – 43–50%). Понятно, что низкий коэффициент полезного использования площадей – признак меньшей эффективности судна.

Таблица 2

Удельная площадь различных судовых помещений европейских речных круизных пассажирских судов, м²/чел.

Тип судна	Удельная площадь помещений				
	пассажирские каюты	коридоры	салоны	прочие	суммарная площадь палуб
«AmaBella»	10,10	2,31	6,07	13,86	32,34
«VIKING Freya»	8,74	1,59	6,33	9,51	26,17
«VIKING Sun»	6,92	1,58	5,84	7,35	21,69
«VIKING Europe»	7,00	1,46	5,19	10,19	23,84
«VIKING Prestige»	8,21	1,36	5,66	7,40	22,63
«AVALON Tranquility»	9,72	2,57	6,25	14,48	33,03
«AVALON Felicity»	6,74	2,09	6,35	14,01	29,19
«AVALON Panorama»	9,04	1,88	6,08	13,16	30,16
«A-Rosa Riva»	10,79	1,53	12,37	12,50	37,18
«A-Rosa Aqua»	10,93	1,27	12,01	11,61	35,82

Размеры кают зависят от категории. В стандартной категории размер каюты составляет 14–15 м², в категории повышенной комфортности – 18–25 м².

Заметно выросла площадь общественных помещений, приходящаяся на одного пассажира. Если в 80-е гг. она составляла около 6 м², то в XXI в. она увеличилась до 8–12 м².

При проектировании судовых жилых помещений особое внимание уделяется применению стандартизированных конструктивных элементов, так как нет никаких причин, например, предусматривать различия в оборудовании пассажирских кают одной и той же категории на разных пассажирских судах. Дальнейшим шагом в этом направлении является унификация всех кают на судах [10, 11].

Для РКПС характерно расширение состава общественных помещений, которое выполняется не за счет относительного увеличения размеров судов, а путем лучшей архитектурно-планировочной организации площадей палуб и помещений. Повышается комфортабельность их оборудования в

отношении удобства использования и приспособленность к функциональным требованиям.

При этом увеличение пассажироместности речного РКПС до экономически целесообразной величины приводит к некоторому уменьшению доли площади общественных помещений. Приемлемое решение здесь может быть получено, если крупные общественные помещения проектировать с учетом возможности совмещения их функций. Учитывая, что номенклатура услуг, представляемых пассажиру на борту, непрерывно возрастает, принцип совмещения различных функций может быть распространен и на другие помещения.

Рациональное использование площадей позволяет увеличить пассажироместность судна при тех же его размерах и снизить удельную себестоимость содержания в пересчете на одного пассажира.

Принятая организация досуга на борту судна и берегового экскурсионного обслуживания предусматривает одноменное питание пассажиров, в отличие от двухменного, широко применяемого на отечественных судах. Для проведения широких общественных мероприятий хотя бы один из салонов (ресторан) должен иметь посадочную вместимость, близкую к полной пассажироместности судна. Особую роль играет носовой салон, который обеспечивает клиентам наилучший обзор окрестностей. В ряде случаев для тех же целей взамен носового салона используется открытая верхняя палуба Sun Deck.

На европейских РКПС стандартные каюты, как правило, двухместные, без верхних подвесных коек, две нижние кровати при необходимости могут трансформироваться в одну двуспальную. В каждой каюте обязательно имеются индивидуальный душ и туалет, телевизор, холодильник, доступ к интернету, установлен телефон спутниковой связи. Часто предусмотрен балкон для индивидуального пользования.

В настоящее время заметна тенденция выполнения дифференцированию услуг. Европейский бизнес предлагает теперь не просто стандартные услуги, но и старается выделить каждый тур каким-либо особенным решением, например, особой кухней, классической музыкой, возможностью проводить концертно-развлекательные мероприятия и т.п. Такие подходы позволяют создать особые условия для каждой конкретной группы людей в зависимости от их образования, возраста, культурного уровня. Круизные суда все чаще используются как самоходные гостиницы, чтобы обеспечить прибытие клиентов к главным событиям, фестивалям, выставкам в определенных городах по маршруту круиза.

Чаще всего на крупных РКПС имеются в наличии фитнес-центр, солярий на открытой солнечной палубе, отдельный зал для курения [10, 11].

На основании исследований конкурентных преимуществ круизных судов были определены основные характеристики будущих судов (табл. 3) [11].

Таблица 3

Характеристики комфортабельности новых современных круизных судов

Характеристика	Описание
Пассажироместность	100–150, 200–250 и 250–300 человек
Каюты	Общая площадь 13–30 м ² , включая балкон (как правило, каюты 2-местные)
Общественные помещения	Ресторан на 200–250 посадочных мест, конференц-зал, бары, салон красоты, сувенирный киоск, гладильная комната, фитнес-центр, солярий на открытой солнечной палубе, отдельный зал для курения
Палубы	Закрытые палубы должны быть закрытыми для общественного пользования, открытые для индивидуального пользования (балконы). Для прогулок использовать солнечную палубу

Источник: [11]

Учет при конверсии опыта проектирования новых отечественных круизных судов. Безусловно, новые идеи лучше

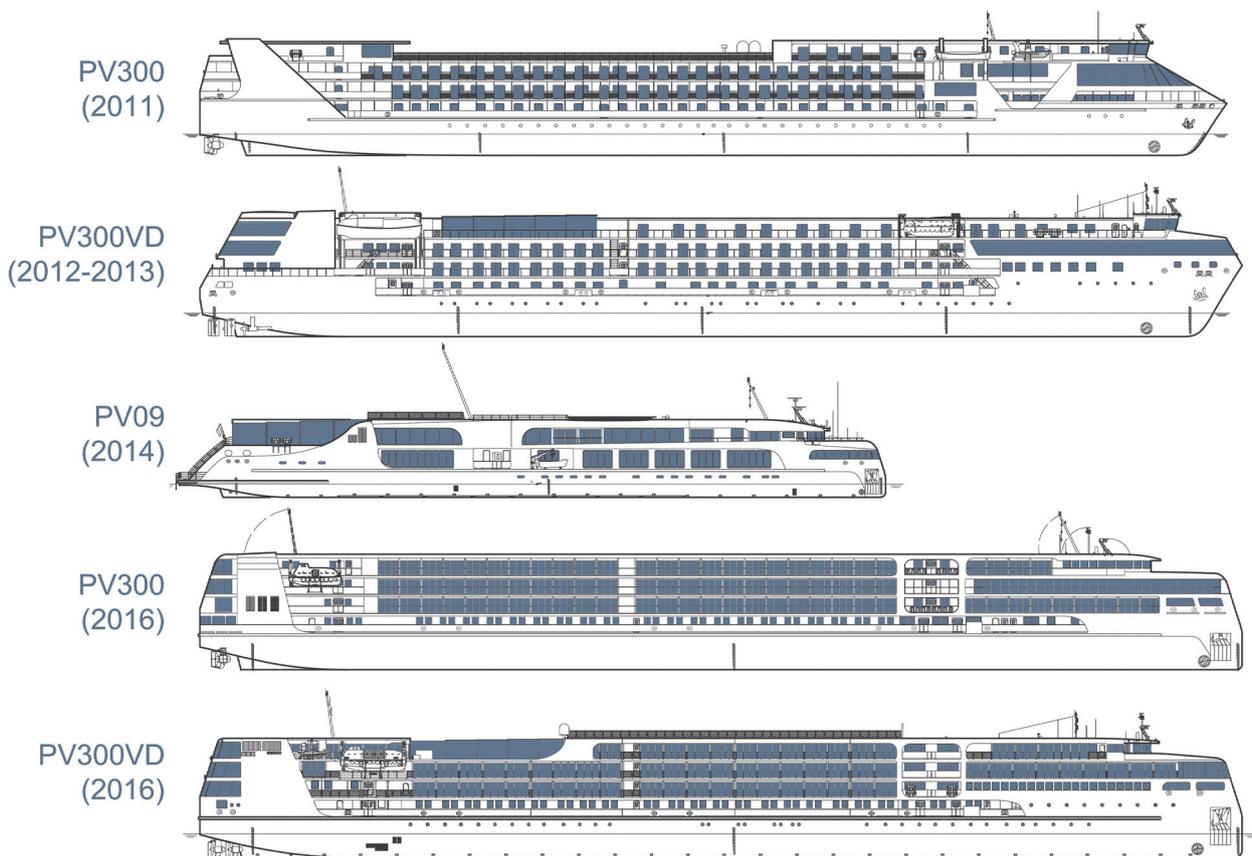


Рис. 2. Развитие идей современного отечественного РКПС

всего было отработать на новых концептах. Так, все главные решения известных проектов PV300VD [12] и PV300 [13] были отработаны на головном PV09 [14], в том числе архитектура и особенно боковой вид, свойственный яхтами и круизным судам XXI в.; помещения и каюты с максимальным остеклением (большими окнами); «плавающая гостиница» с устройством полноценных балконов, носовым обзорным салоном; двухуровневой «солнечной» палубой с баром, бассейном, в плохую погоду часть палубы закрывается при помощи сдвижного тента; дизель-электрическая пропульсия; полноповоротные винторулевые колонки в качестве единого средства движения и управления судном (развитие идей современного отечественного РКПС – см. рис. 2).

Принципиальным был вопрос об обеспечении реализации вырезов под окна и двери практически от палубы до палубы, что требовало решения ряда проблем по прочности узлов крепления, материала окон, обеспечения взаимодействия палуб при минимальных площадях стенок рубок, наконец, водо- и брызгонепроницаемости (в зависимости от палубы).

Крайне сложным было сочетание ограничения по осадке и длине (для работы на р. Ока), по надводному габариту (для прохода под мостами на Москва-реке в центральной части города), по ширине судна (для работы на ББК). РКПС пр. PV09 предназначено для совершения круизных рейсов по европейским внутренним водным путям, в том числе через Волго-Балт, Волго-Дон, Беломорско-Балтийский канал, по Волге, Москва-реке, на линиях, соединяющих порт Москва, порт Санкт-Петербург и порт Беломорск через Беломорско-Балтийский канал, с возможностью выхода в Белое море и на Соловецкие острова, в Финский залив, Каспийское, Азовское и Черное моря [14].

Надводный габарит судна обеспечивает возможность прохода под мостами р. Москва в центральной части города.

Проекты PV300VD и PV300 разработаны в 2010–2016 гг. (общие расположения проектов – см. рис. 3 и рис. 4). На-

пример PV300VD – это современный круизный лайнер для реки и прибрежных морей, который даст возможность совершить водное путешествие по выбранному маршруту по европейской части страны с заходом в порты, в которых организовываются пешие и автобусные экскурсии к культурным, историческим, природным достопримечательностям и береговым курортным зонам, с проживанием в условиях комфорта пятизвездочной гостиницы, с возможностью реализации самых различных форм досуга на борту самого судна (бары, дискотеки, прием солнечных ванн, купание в бассейне, фитнес, прогулки по открытым пространствам судна или в беседе с бокалом в руке, осматривая красоты берегов, просмотр фильмов, спектаклей и постановок, выступлений актеров и известных людей, прослушивание лекций, работа творческих кружков, общение с друзьями, походы в ресторан с открытой кухней и т.п., вплоть до игры в казино в условиях международных вод) [12].

Концепт PV300VD спроектирован как «плавающая гостиница» с устройством полноценных балконов/террас, носовым обзорным салоном, «солнечной» палубой из двух частей (на крыше рубки с ветроотбойником и на тентовой палубе со сдвижным закрытием от непогоды, бассейном и баром).

Общая площадь каждой каюты составляет примерно 16–43 м², включая балкон / «французский» балкон (как правило, каюты 2-местные). Устройство ресторана с классом мест, равным числу пассажиров; конференц-залов, баров, детской комнаты, салона красоты, сувенирного киоска, фитнес-центра, солярия на открытой солнечной палубе. Для людей с ограниченными возможностями – лифты, соединяющие все палубы; коммуникации и туалеты, повышенные габариты проходов, отсутствие препятствий при перемещении в колясках.

Концепт PV300VD может работать на линии Москва–Санкт-Петербург, а также совершать рейсы Москва–Ростов-на-Дону–Сочи, Астрахань–порты Каспия, т.е. по классификации «Морского инженерного бюро» – это судно «Волго-Дон макс» класса.

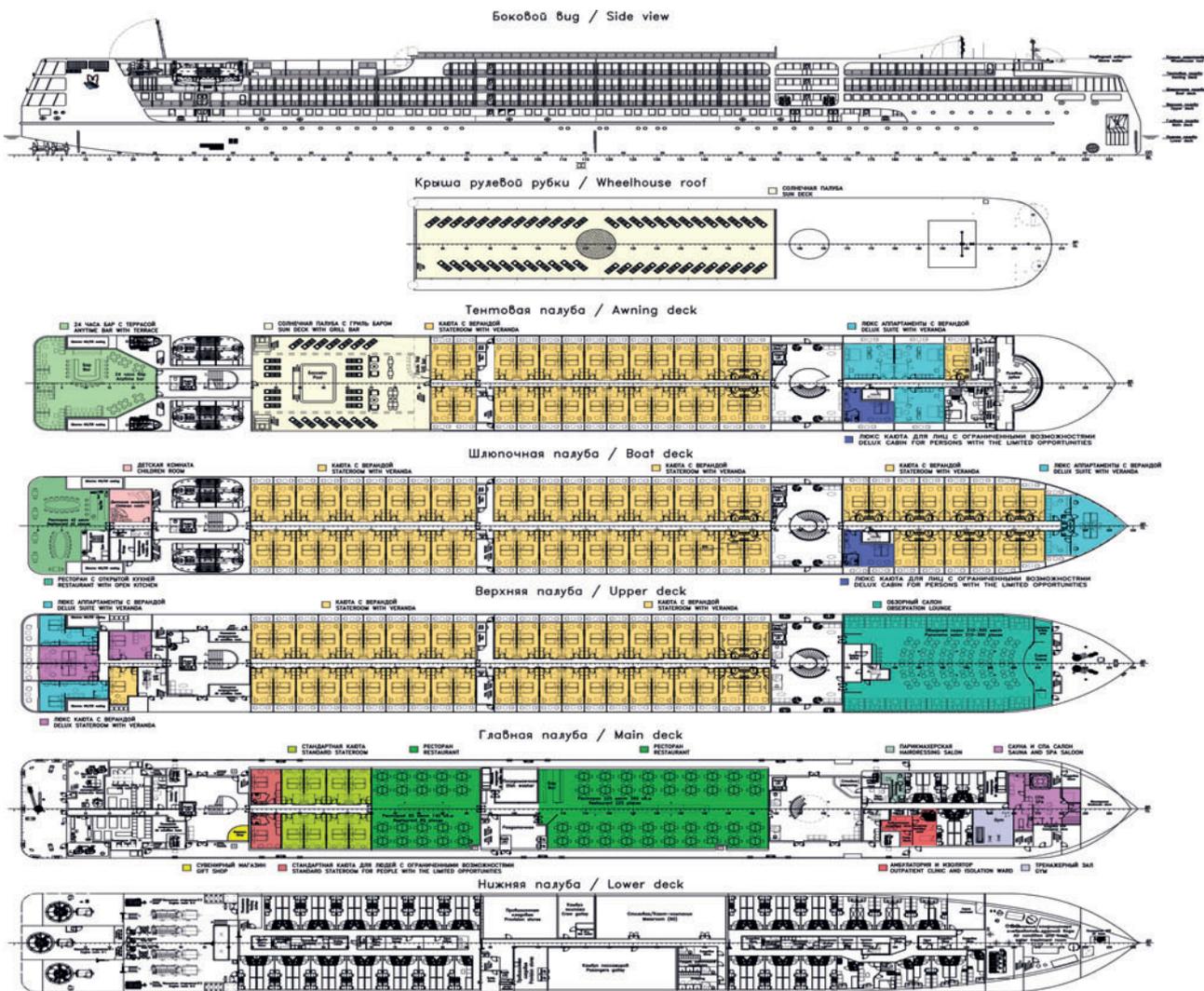


Рис. 3. Общее расположение отечественного РКПС пр. PV300 VD

Для привычных судов «Волго-Дон макс» класса существующих проектов (пр. 301, 302) численность пассажиров в таких современных каютах составляет 200–220 человек. В новых концептах PV300VD / PV300, имеющих такие же примерно габаритные размеры, можно комфортно разместить примерно 300–350 пассажиров [12].

Существующие отечественные круизные суда не могут эксплуатироваться на международных линиях. При проектировании и строительстве таких судов не выполнялись требования международных конвенций, что не позволяет получить на такие суда международные свидетельства, подтверждающие возможность эксплуатации и перевозки пассажиров.

Существующий морской круизный флот рассчитан, как правило, на дальние переходы с заходами в морские порты различных прибрежных государств. Размеры таких судов учитывают возможность подхода к акваториям морских портов и швартовки у существующих морских причалов, но не позволяют заходить в устьевые речные порты и, тем более, перемещаться по внутренним водным путям России.

Сегодняшние реалии отечественного туризма таковы, что к любимым речным круизам «въездных» туристов из США, Германии, Австралии по маршруту Москва–Санкт-Петербург, добавились «частично морские» линии Москва–Сочи, «круговой» круиз по Каспийском морю, которые более интересны для «внутреннего» путешественника. Как показывают переговоры Московского речного пароходства, каспийский круиз привлекает не только граждан прикаспийских стран (Ирана, Азербайджана, Казахстана), но и туристов из США, Австралии, Европы и Китая.

Основные характеристики судна нового концепта PV300 VD

Длина габаритная, м	141
Длина между перпендикулярами, м	135,36
Ширина габаритная, м	16,82
Ширина расчетная, м	16,60
Высота борта, м	5,50
Осадка наибольшая, м	3,20
Высота габаритная от ОП, м	16,25
Экипаж и обслуживающий персонал, чел.	90
Автономность, сут.:	
по топливу	15
по прочим видам запасов	10

Пассажировместимость судна может варьироваться от 300 до 400 мест в зависимости от установленных каютных модулей (площадь кают от 16 до 43 м²) и использования дополнительных мест для детей.

Компоновка круизного пассажирского судна в варианте Московского речного пароходства рассчитана на 310 пассажиров, которые путешествуют в 155 комфортабельных каютах различных классов:

- 7 «люкс» апартаментов с балконом площадью около 36–43 м² (33–35 м² без учета балкона);
- 5 «люкс» кают с балконом площадью около 26 м² (21 м² без учета балкона);
- 133 стандартные каюты с балконом площадью около 19–21 м² (16–18 м² без учета балкона);
- 8 стандартные кают площадью около 16 м²;
- 2 стандартные каюты для людей с ограниченными возможностями площадью около 21 м².

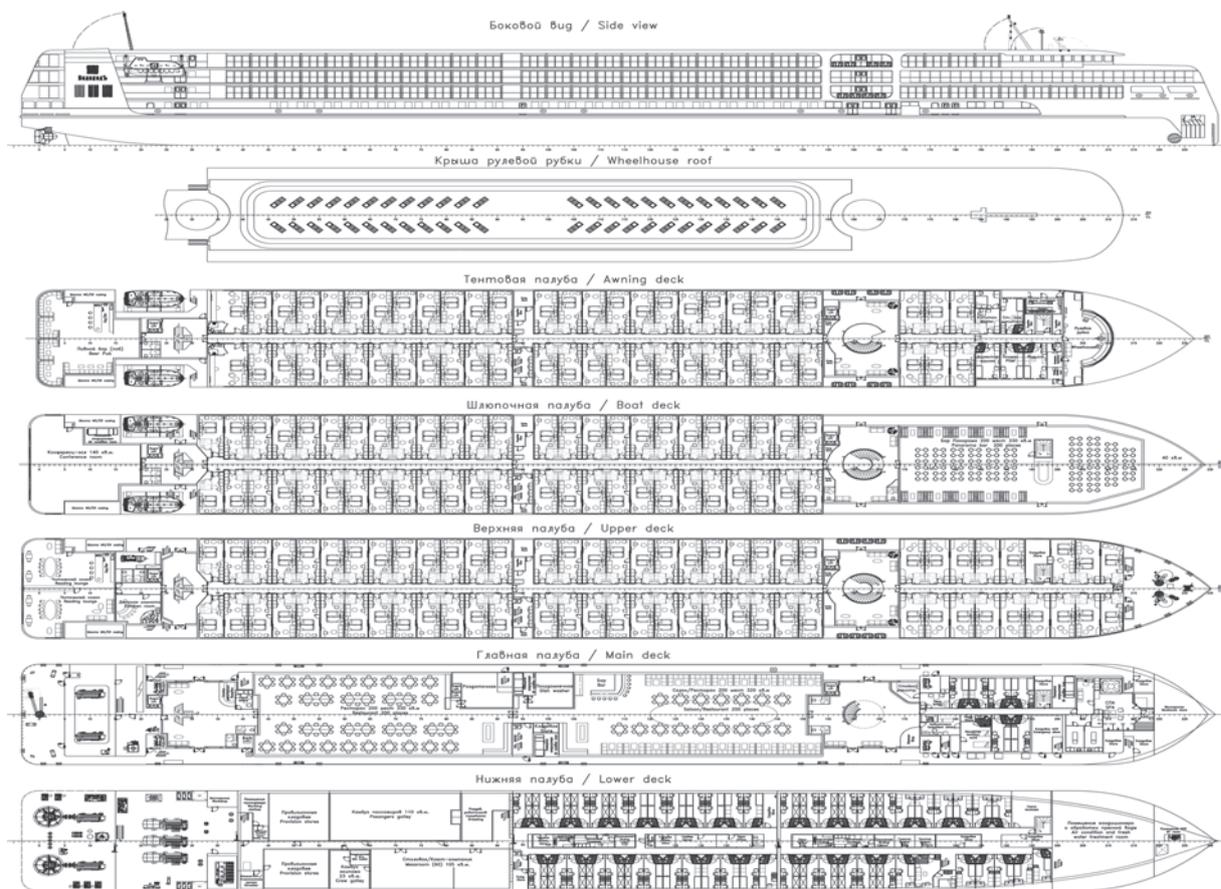


Рис. 4. Общее расположение отечественного РКПС пр. PV300

Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне на четырех ярусах надстройки, каюты на трех верхних ярусах имеют собственные балконы со сдвижными секциями для обеспечения сквозного прохода по палубе в аварийных ситуациях.

Все пассажирские каюты оборудованы двуспальными кроватями, душем с туалетом, кондиционером, шкафами, сейфом, телевизором со спутниковыми и внутрисудовыми каналами, феном, электрическими розетками на 220 В и 110 В, беспроводным Интернетом (Wi-Fi), судовой радиотрансляцией, внутренней и внешней телефонной связью.

На судне предусмотрено питание всех пассажиров в одну смену. Для этого предусмотрены два ресторана: главный и ресторан с открытой кухней. Главный ресторан имеет два зала площадью 360 м² и 140 м², каждый зал снабжен шведской линией. Большой зал оборудован барной стойкой.

В ресторане с открытой кухней есть возможность наблюдать за приготовлением пищи, камбуз отделен от ресторана стеклянной выгородкой.

Все рестораны имеют максимальное остекление, что позволяет наслаждаться не только вкусной едой, но и видом из окон.

Каждые 24 часа бар работает до последнего клиента. Вечером дискотека, днем бар, расположение бара не мешает отдыхать другим пассажирам. Рядом разместилась двухуровневая солнечная палуба с гриль баром, бассейном и джакузи, в плохую погоду часть палубы закрывается при помощи сдвижного тента.

Новые концепты РКПС «Морского инженерного бюро» PV300VD и PV300 – это не только современные высококомфортабельные и удобные, но и безопасные, экологически «чистые» пассажирские суда, полностью отвечающие всем Международным конвенциям (МК), включая МК по охране человеческой жизни на море СОЛАС, МК по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ, Международные правила предупреждения столкновения судов в море МППСС, а также

всем отечественным требованиям (Санитарным Правилам и нормам, Правилам пожарной безопасности, Техническому регламенту о безопасности объектов внутреннего водного транспорта) [12].

Эффективность конверсии РКПС. Стоимость модернизации РКПС можно оценить (на примере пр. 301, после модернизации – 109 кают) в 240 млн. руб., стоимость создания нового пассажирского судна пр. PV08 [15] (рис. 5), построенного с использованием элементов эксплуатировавшегося судна на 56 кают – в 380 млн. руб. (цены приведены на годы реализации проектов). Приблизительная окупаемость такого проекта строительства судна составит около 14–15 лет, модернизации судна пр. 301 – 7–8 лет. При этом построенное судно фактически будет работать 30–35 лет, модернизированное – 20–25 лет. Удельные расходы при модернизации составляют примерно 60 тыс. евро на 1 каюту, при строительстве – около 170 тыс. евро на 1 каюту [6].

При этом конверсия позволит применить инновационные технические решения – заменить главные двигатели и при необходимости пропульсию, повысить уровень автоматизации как в МО, так и «отельными» и «ресторанными» процессами, улучшить управляемость, что в итоге приведет к уменьшению эксплуатационных затрат (снижение численности экипажа, уменьшение расходов на топливо и т.п.) и положительно скажется на экономике такого судна в будущем [1].

Безусловно, кардинальным способом обновления парка флота является строительство новых судов и вывод из эксплуатации физически и морально устаревших. Однако судостроение для внутренних водных путей на ближайшие 5–10 лет представляется весьма проблематичным: на данный момент строится лишь по одному РКПС пр. PV300 и пр. PV300VD, два РКПС пр. ПКС-180 – и это при том, что на 2025 г. прогнозируется выбытие 37 РКПС [4].

Ограниченность сроков навигации на реках значительно увеличивает сроки окупаемости инвестиций (более 20 лет) и



Рис. 5. Отечественное «конверсионное» РКПС пр. PV08. Фото П.Феклистова

делает недоступным привлечение кредитных ресурсов коммерческих банков и использование средств лизинговых компаний, работающих на рынке. Кроме того, необходимы льготы по топливу для речного транспорта как сезонного вида деятельности.

Как известно, основное ядро существующего флота было построено в 1960–1980 гг. В настоящее время вопрос в области поддержания флота в работоспособном состоянии решается прежде всего за счет ремонта и модернизации судов. Однако такая возможность практически исчерпана. Сезонность работы и низкая рентабельность перевозок не позволяют создать необходимые ресурсы для воспроизводства судов. Длительные сроки окупаемости и высокие процентные ставки по кредитам и их краткосрочность, низкая капиталоемкость судоводительских компаний не позволяют привлекать большие инвестиции в строительство судов.

Заключение. Решение актуальной задачи обновления социально значимого, экологически чистого речного флота возможно только с привлечением государственных инвестиций.

Размещение заказов на строительство речных судов требует больших капиталовложений, а в условиях сезонности работы и конкурентно низких тарифов, окупаемость таких проектов имеет длительный срок.

Таким образом, возобновление опыта строительства РКПС с обоснованным использованием элементов существующих (в 2012 г. Технический Регламент запретил эту процедуру) является реальным инструментом сохранения водного круизного туризма.

Понятно, что такие действия должны быть взвешенными и целесообразными. Для таких проектов, как 92-016, Q-040, Q-056, Q-065, а также в перспективе пр. 301 и пр. 302, где в основе самих судов в целом заложены правильные конструктивные решения и которые вполне безопасны и эффективны для увеличения уровня комфорта, процедура строительства с применением существующих элементов (конверсия) может быть настоятельно рекомендована.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.Г. О применимости инновационных решений на конверсионных речных круизных пассажирских судах. – Мат-лы IX Международ. науч.-техн. конфер. «Инновации в судостроении и океанотехнике». – Николаев: НУК, 2018. – С. 60.
2. Егоров Г.В. Перспективы круизов по рекам России // Морские вести России. – 2013. – №13 (386). – С. 12–16.
3. Егоров Г.В., Егоров А.Г., Калугин Я.В. Особенности модернизации и конверсии речных круизных пассажирских судов. – Мат-лы IX Международ. науч.-техн. конфер. «Инновации в судостроении и океанотехнике». – Николаев: НУК, 2018. – С. 69–70.
4. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ закономерностей списания речных круизных судов и прогноз состава речного флота с определением наиболее востребованных типов судов для конверсии и модернизации // Морской вестник. – 2019. – №1 (69). – С. 21–27.
5. Анисимов К.О., Егоров Г.В., Ефремов Н.А. Строительство новых судов с использованием элементов судов-доноров – реальный путь сохранения российских речных круизов // Речной транспорт (XXI век). – 2012. – №4. – С. 51–62.
6. Егоров Г.В., Калугин Я.В. Опыт модернизации и строительства речных круизных судов с использованием элементов судов-доноров: Сб. науч. трудов НУК. – Николаев: НУК, 2013, №2, с. 4–9.
7. Егоров Г.В., Ефремов Н.А. Что такое «конверсия» судов? // Морская Биржа. – 2011. – №2 (36). – С. 18–27.
8. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных круизных пассажирских судов // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2015. – Вып. 1 (43). – С. 5–31.
9. Семин А.А. Влияние комфортабельности на выбор главных размеров пассажирских круизных судов внутреннего и смешанного плавания // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2005. – Вып. 17. – С. 39–45.
10. Егоров Г.В., Калугин Я.В. Создание новых пассажирских судов с учетом опыта европейских речных круизов: Сб. науч. трудов НУК. – Николаев: НУК, 2013, №1, с. 4–10.
11. Разработка концептуальных проектов речных круизных пассажирских судов нового поколения для крупных рек и водохранилищ (для единой глубоководной системы ВВП России). Ч. 2: Отчет о НИР (заключит.) / Морское Инженерное Бюро; Руководитель Г.В. Егоров; И.А. Ильницкий, А.Г. Егоров и др., 2011. – Вып. МИБ.4358. – 178 с.
12. Егоров Г.В., Анисимов К.О., Калугин Я.В. Круизные пассажирские суда река-море плавания проекта PV300VD // Морская Биржа. – 2016. – №2 (56). – С. 22–36.
13. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Калугин Я.В. Обоснование параметров речного круизного пассажирского судна PV300 для замены основной части существующего флота // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2018. – Вып. 1 (54). – С. 11–23.
14. Егоров Г.В., Калугин Я.В. Высококомфортабельное круизное судно смешанного река-море плавания ББК класса. – Тр. НТК по СМК памяти проф. В.А. Постнова. – СПб: СПбГМТУ, «Крыловский государственный научный центр», 2017, с. 159–160.
15. 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. ■

Северное проектно-конструкторское бюро известно главным образом разработкой проектов самых мощных боевых кораблей советского и российского ВМФ, как, например, знаменитый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» и новейший фрегат «Адмирал Горшков». Но помимо военной тематики Северное ПКБ уделяет внимание и проектированию гражданских судов. Одним из направлений такой работы являются стоечные суда, плавучие платформы, на которых могут размещаться объекты и помещения с широким набором разнообразных функций.

Стойные суда могут выступать в качестве экономически выгодной альтернативы для городов, имеющих выход к воде, с дефицитом свободных площадей для строительства. Приобретение либо аренда земельных участков для строительства зачастую сопряжены со значительными сложностями, в частности, с существованием зданий в центре города, представляющих собой памятники архитектуры.

В основу создания проектов стоечных судов Северного ПКБ положена модульность. Все проекты базируются на унифицированном масштабируемом несущем понтоне, а остальные составные части могут заменяться. Таким образом, на базе одной платформы могут реализовываться различные проекты. Это приводит к значительному сокращению сроков и уменьшению стоимости строительства и обслуживания судна. Расширяются и упрощаются возможности модернизации.

Помимо модульности стоечные суда отличаются мобильностью. Их можно оперативно перебазировать из одной точки в другую. Например, для проведения музыкального фестиваля можно привлечь плавучую концертную площадку, плавучую автостоянку и плавучую электростанцию.

В Бюро разработана линейка концептуальных проектов стоечных судов различного назначения в объеме, необходимом для составления коммерческих предложений, а именно: плавучая гостиница, плавучее общественное пространство, плавучая автостоянка, стоечные суда различного назначения: плавучая электростанция, плавучий центр экологической безопасности, плавучая заправочная станция, плавучая концертная площадка.

Плавучая гостиница предназначена для круглогодичной эксплуатации у городских набережных. Электропитание и водоснабжение осуществляются с берега, сточные воды передаются в городскую канализацию. На судне име-



Проект плавучей гостиницы на 140 мест

ЖИЗНЬ НА ВОДЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ СЕВЕРНОГО ПКБ

АО «Северное ПКБ»,
spkb@mail.seanet.ru



Плавучий автопаркинг на 200 машиномест

ются запасы питьевой воды, топлива и масла для обеспечения автономного функционирования гостиницы в течение трех суток. Для пассажиров спроектированы современные комфортабельные номера с индивидуальными ванными комнатами. В аварийном режиме (без электропитания с берега) электроснабжение плавучей гостиницы осуществляется от автономного дизель-генератора мощностью 180–200 кВт. Для отопления и горячего водоснабжения на судне размещена автономная котельная.

Плавучая автостоянка способна принять до 200 автомобилей. Также на ней могут располагаться помещения автомойки и шиномонтажа. В качестве материала корпуса и надстроек, основных фундаментов и подкреплений принята судостроительная низколегированная сталь. Корпус судна и надстройка выполняются сварными. Электроэнергию, холодное и горячее водоснабжение плавучая автостоянка получает с берега. Сточные воды отводятся в городскую канализацию. Для управления всеми техническими средствами судна предусматривается центральный диспетчерский пункт. Проработка плавучей автостоянки выполнялась в рамках проекта создания городской инфраструктуры плавучих сооружений для Санкт-Петербурга. Проблема парковки автомобилей в городе в высшей степени актуальна, поэтому Северное ПКБ предлагает использовать для размещения плавучих автостоянок прибрежную часть невольской акватории.

Плавучее общественное пространство – настоящий арт-объект на воде, соответствующий течениям современности, для проведения развлекательных, социальных и образовательных мероприятий. На борту судна размещаются моделируемые площади, которые можно приспособлять для проведения различных мероприятий: ярмарок, лекций, презентаций, концертов и арт-фестивалей.

В Северном ПКБ понимают, насколько важны сейчас новое качество и стиль жизни на воде в России, и не только. Плавучие сооружения – это новые возможности для бизнеса, желающего встроиться в современную общественно-экономическую парадигму в условиях дефицита городских земель и сложности наземного строительства. Это и вариант решения проблемы с парковками в Санкт-Петербурге, развития туристического сектора на Камчатке. Перспективы развития этого неординарного сегмента рынка недвижимости обнадеживают, а новейшие создания в области строительных технологий и материалов создают огромный потенциал для воплощения самых смелых архитектурных идей на воде в реальность. ■

Большую актуальность приобретает технико-экономическая задача оптимизации транспортирования энергоносителей. Это связано с большой территорией России и неравномерным развитием регионов. Специфику топливной логистики в наибольшей степени олицетворяет так называемый «северный завоз», в рамках которого дизельное топливо доставляется по крупным сибирским рекам в северные регионы посредством речных нефтеналивных танкеров. При этом нефтеналивные суда обратный рейс идут порожняком, что увеличивает стоимость доставки топлива.

Последнее десятилетие в России активно развивается производство сжиженного природного газа (СПГ).

Существуют технологии сжижения разной производительности. Мало- и среднетоннажное производство СПГ позволяет использовать малые месторождения, к которым нерентабельно прокладывать трубопроводы.

Идея совместить доставку дизельного топлива (ДТ) в северном направлении и СПГ в обратном направлении по крупным сибирским рекам представляется перспективной, что снизит проблему порожних рейсов и позволит вовлечь в хозяйственную деятельность малые газоносные месторождения. Для перевозки СПГ можно использовать речные танкеры уже существующих типов, в том числе и тех, которые предполагаются к выводу из эксплуатации, такие как «Лена-нефть-Р77» и «Лена-нефть-Тип 627».

После доставки ДТ на север танк заполняется СПГ. При захолаживании тонкая пленка ДТ на стенках и днище танка замерзает и удерживается на металлической поверхности. СПГ не смешивается с ДТ, так как удерживается на стенках за счет адгезии. После слива СПГ судно готово к загрузке в него ДТ. Для реализации проекта реверсной транспортировки ДТ и СПГ необходимо подобрать тип и размер танков для модернизации нефтеналивных судов.

При модернизации речных танкеров надо учесть опыт строительства танкеров-газовозов.

Существуют различные системы транспортировки СПГ. Сжиженный газ транспортируется в специальных теплоизолированных емкостях – криогенных танках. Существует два основных типа корабельных танков для СПГ: самонесущие и несамонесущие, которые все чаще называют мембранными. Самонесущие объединены с корпусом судна, воспринимают внешние нагрузки, обеспечивают прочность корпуса судна. Мембранные танки не обладают собственной жесткостью, так как образованы тонкой металлической оболочкой (мембраной), уложенной на теплоизоляцию [1].

Самонесущие танки для СПГ сооружаются отдельно от корпуса танкера и при строительстве судна просто вкладываются внутрь корпуса. Все независимые самонесущие танкеры подразделяются на три типа [2]: А, В и С.

В танках типа А в зависимости от варианта исполнения можно перевозить сжиженные углеводородные газы (СУГ) или СПГ. Для танков этого типа избыточное давление паров жидкости составляет не больше 0,07 МПа.

Танк типа А представляет собой призматическую герметичную оболочку из легированной стали или алюминиевого сплава. Танк разделен продольной переборкой на две части, которые сообщены отверстиями в газовой (верхней) части. Танк жестко крепится к корпусу судна только в верхней центральной части, поэтому он может свободно расширяться и сжиматься.

По рис. 1 не видно, что танк и корпус судна разделены, рис. 2 нагляднее иллюстрирует конструкцию танка типа А [3].

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ГРУЗА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЕКТА РЕЧНОГО ТАНКЕРА КЛАССА РЕКА-МОРЕ

А. Ю. Баранов, д-р техн. наук, проф., руководитель образовательного направления,

Л. В. Иванов, студент магистратуры, СПбНИУ ИТМО, abaranov@corp.ifmo.ru, levladiv@mail.ru
контакт. тел. +7(911) 915 6440



Рис. 1. Продольная схема танка типа А

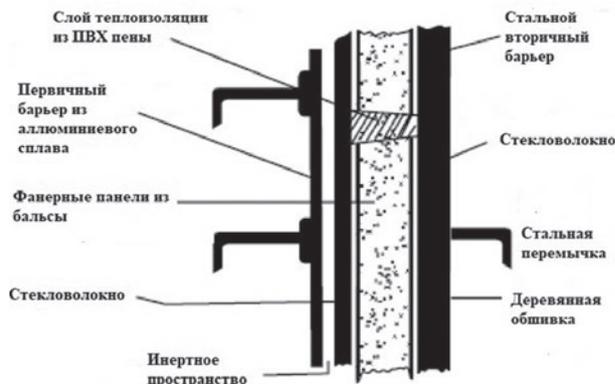


Рис. 2. Схема организации контакта стенки танка типа А и корпуса судна

Между стенкой танка и корпусом судна есть слой из стекловолокна и фанеры. Инертное пространство в 2–3 мм отделяет внутренний слой стекловолокна от алюминиевой стенки резервуара. Это пространство позволяет резервуару расширяться и сокращаться.

Танки типа А использовались для транспортировки СУГ. К их достоинствам можно отнести:

- традиционное для нефтеналивных судов расположение танков;
- эффективное использование объема трюмного пространства судна для размещения груза.

Недостатками являются:

- необходимость использования в конструкции судна вторичного барьера;
- отсутствие опыта эксплуатации танков такого типа в качестве средства для перевозки СПГ;
- относительно низкие показатели безопасности эксплуатации.

Танк типа В рассчитан на работу при большем возможном избыточном давлении: от 0,25 до 0,7 МПа. Требования по хладоломкости и износостойкости материалов в этом случае жестче, чем для танков типа А.

Учитывая повышенное давление груза, любая трещина в танке типа В должна быть обнаружена задолго до его фактического разрушения (принцип Leak Before Break) [4].

В танках данного типа используется частичный вторичный барьер – весь просачивающийся при аварии перевозимый продукт собирается в поддоне, находящемся на нижнем ярусе танка.

Существует два типа этих танков: сферические системы Moss Rosenberg и призматические системы IHI SPB.

Танкеры с системой Moss Rosenberg значительно более распространены, поэтому начнем с них. Они представляют собой независимые сферические танки из алюминиевого сплава. Посредине шарообразного танка находится колонна, внутри которой находятся все подводные трубопроводы и насосы. Пространство между внешней оболочкой и корпусом судна используют для размещения балластных танков [5].

Как видно из рис. 3, любая утечка в резервуаре может привести к накоплению жидкого продукта на поддоне под резервуаром. Для обнаружения присутствия СПГ поддон и экваториальная область резервуара оснащены датчиками температуры, что частично выполняет функцию вторичного барьера танков типа В.

Благодаря гибкому основанию сферический танк может без проблем изменять свои размеры в зависимости от тепло-

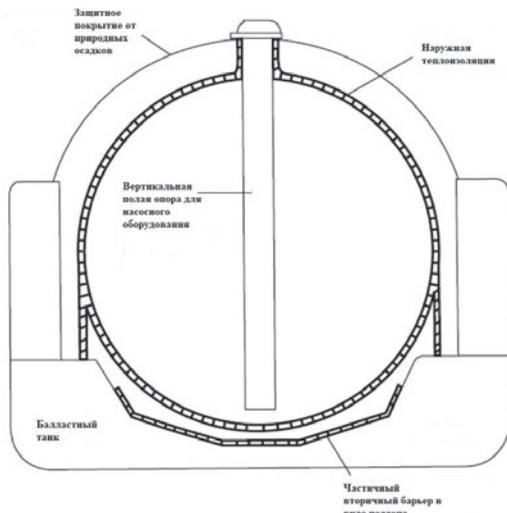


Рис. 3. Схема танка с системой Moss Rosenberg

вых условий. Пустое пространство между танком и поддоном заполняется сухим инертным газом или сухим воздухом.

К достоинствам системы Moss Rosenberg следует отнести:

- сферическую форму танка, которая способствует равномерному распределению напряжений;
- низкое негативное влияние слошинга (волн в объеме перевозимого продукта).

Кроме того, накоплен большой опыт их эксплуатации на морских танкерах.

Недостатки этой системы сводятся к следующему:

- нерациональное использование трюмного пространства, так как сферические хранилища плохо вписываются в конструкцию корпуса судна;
- ухудшение навигационных свойств судна из-за выступающих над палубой элементов сферических резервуаров.

Призматические танки системы IHI SPB рационально используют трюмное пространство судна. Внутренний барьер системы SPB состоит из усиленной листовой конструкции, изготовленной из алюминиевого сплава или

стали, содержащей 9% никеля (рис. 4). Резервуар СПГ опирается на специальные противооткатные упоры из многослойной фанеры. Танк разделен герметичной перемышкой на четыре отсека для подавления эффекта слошинга.

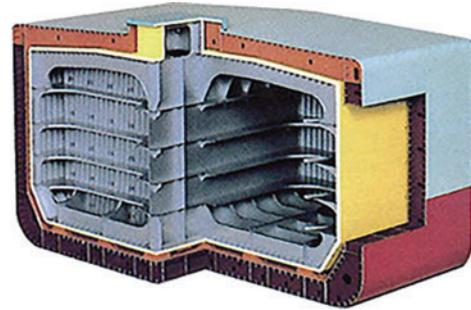


Рис. 4. Система IHI SPB

Для теплоизоляции резервуара применяются пенополиуретановые панели. Трюмное пространство используется для осмотра танков, что сильно упрощает его эксплуатацию [6].

Однако, несмотря на все это, с использованием данной системы построено всего два танкера: «Polar Sprirt» и «Arctic Spirit». Свое основное назначение система IHI SPB обрела на плавучих регазификационных установках [7].

Преимущества системы IHI SPB:

- эффективное использование объема трюмного пространства судна;
 - возможность транспортирования груза при частичном заполнении танков;
 - простота обслуживания.
- Недостатки системы IHI SPB:
- большой вес конструкции хранения;
 - малый опыт использования в морской транспортировке СПГ.

Танки типа С проектируются по нормам эксплуатации при высоком избыточном давлении. Расчетное давление для этих резервуаров должно быть более 0,2 МПа. Для танков подобного типа не требуется наличие вторичного барьера. Наиболее распространенными формами этих резервуаров являются цилиндрические и двудольные. Танки типа С используются для транспортирования СУГ и СПГ. Конфигурация расположения и форма таких танков может быть различной, в зависимости от размеров судна. Наибольшее распространение танки такого типа нашли на прибрежном малотоннажном транспорте СПГ (рис. 5), в том числе в речном транспорте.

Цилиндрические танки плохо вписываются во внутреннее подпалубное пространство судна, поэтому разработаны двудольные танки и трехдольные танки [8].

У танков типа С толщина стенки достигает 40 мм. Это исключает повреждение стенок из-за слошинга, поэтому они могут заполняться и опорожняться до любого уровня

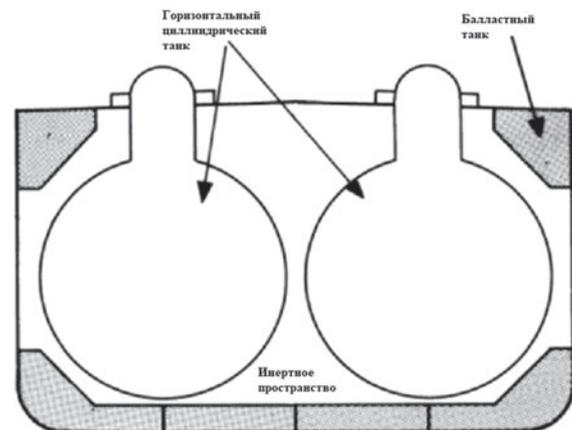


Рис. 5. Схема расположения танков типа С в корпусе судна

Танки типа С просты в обслуживании и постройке. Изготовление цилиндрических танков типа С схоже с производством криогенных железнодорожных цистерн для жидкого азота или водорода, которое уже налажено в России.

Преимущества танков типа С:

- простота в изготовлении и эксплуатации;
- вариативность форм и размеров, что позволяет вписать их в практически любой корпус судна;
- возможность транспортирования жидкости при любом уровне заполнения;
- частичное решение проблем с утилизацией отпарного газа.

Недостатки танков типа С:

- большие металлоемкость и вес системы;
- низкий коэффициент использования трюмного пространства судна.

На рис. 6 приводится сравнение параметров использования пространства на танках разных типов.

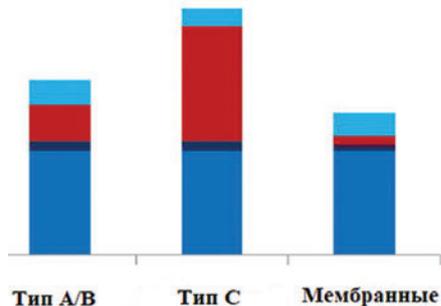


Рис. 6. Сравнение параметров использования пространства [8]

■ – жидкость; ■ – система хранения груза; ■ – мертвое пространство; ■ – пространство для оборудования

Альтернативным вариантом резервуаров для СПГ являются мембранные хранилища, представляющие неотъемлемую часть корпуса судна, в котором они установлены [9]. Это не позволяет их использовать для модернизации уже существующих танкеров класса река-море. При постройке новых наливных судов следует учитывать то, что мембранные танки нельзя заполнять частично, поскольку это приводит к активному слошнгу, губительному для танков подобного типа. Для речных перевозок возможность опорожнять танки по маршруту – обязательное условие эффективной логистики.

Параметры систем приведены в табл. 1. Из нее видно, что для модернизации судов лучше всего подходят танки типа С.

Остается выбрать цилиндрическую или двудольную форму танков. При объеме перевозимого груза меньше 10 тыс. м³ следует использовать цилиндрические танки, а при большем объеме – двудольные. Примерный объем танков рационально определять, исходя из конструкционных параметров корпусов уже существующих судов.

Существует несколько вариантов конструкции корпуса судов класса «Ленанефть»: «Тип 627» и «Р77». Оба нуждаются в модернизации, так как не отвечают современным требованиям, предъявляемым к нефтеналивным судам дедвейтом менее 5000 т, поскольку не имеют второго дна и вторых бортов либо имеют высоту двойного дна меньше требуемой.

Существует проект модернизации танкера «Р77» – пр. 003RST06. Первый танкер, прошедший модернизацию, уже спущен на воду, он соответствует классу М-СП 3,5 (Лед 30) А (ОАО «ЛОПП») или М-ПР 2,5 (Лед 30) А (ОАО «ЕРП») [10].

Рационально разрабатывать схему модернизации проекта «Тип 627», который имеет следующие параметры корпуса:

Длина, м	122,75
Ширина, м	15,3
Высота борта, м	5,2
Высота габаритная, м	13,2
Дедвейт, т	3652
Осадка в грузу, м	2,53



Рис. 7. Танкер класса «Ленанефть» пр. 627

Таблица 1

Сравнение параметров систем

Параметр	Тип А	Тип В Moss	Тип В SPB	Тип С	
				цилиндр.	двудольные
Вес системы	Высокий	Низкий	Средний	Высокий	Высокий
Параметры безопасности	Более низкие, чем у типа в и с	Да	Да	Да	Да
Общий опыт эксплуатации	Нет	Да	Только в плавучих регазификационных терминалах	Да	Да
Опыт эксплуатации на малотоннажном транспорте	Нет	Да	Да, только в качестве топливных танков	Да	Да
Наличие вторичного барьера	Да	Частичный	Частичный	Нет	Нет
Простота адаптации под существующие суда	Да	Нет	Нет	Да, высокая	Да, высокая
Рациональное использование трюмного пространства	Да	Нет	Да	Нет	Да
BOR	0,25	0,15	0,15	0	0
Простота эксплуатации	Нет	Нет, но лучше, чем тип А	Да	Да	Да
Возможность частичного заполнения	Нет	Да	Да	Да	Да
Влияние на навигационные свойства	Нет	Да	Нет	Нет	Нет

Характеристики малотоннажных судов с танками типа С

Название корабля	Тип танка	Объем транспортируемого СПГ, м ³	Длина судна, м	Ширина судна, м	Осадка судна, м	Дедвейт, т
«Kayoh Maru» (каботажный танкер)	1 шт. – цилиндр.	1517	71,51	13,5	4,4	1401
«Spinju Maru» (каботажный танкер)	1 шт. – цилиндр.	2540	86,25	15,1	3,8	1781
«Kakurei Maru» (каботажный танкер)	1 шт. – цилиндр.	2536	86,29	15,1 м	4,7	1801
«Akebono Maru» (каботажный танкер)	2 шт. – цилиндр.	3556	99,37	17,2	4,6	2528
«Coralius» (бункеровщик)	2 шт. – двудольн.	5800	99,6	17,84	5,7	3077
«Cardissa» (бункеровщик)	2 шт. – цилиндр.	6500	119,94	19,4	6,3	5320
«ENGIE Zeebrugge» (бункеровщик)	2 шт. – цилиндр.	5000	107,6	18,4	4,6	3121
«Lucia Ambition» (каботажный танкер)	3 шт. – цилиндр.	18928	130	25,7	6,1	1101

Необходимо найти сходные по размерам суда, чтобы приблизительно оценить будущий объем транспортируемого СПГ. В табл. 2 приведены характеристики малотоннажных каботажных танкеров и бункеровщиков с танками типа С [11, 12].

Судно «Coralius» отличается по дедвейту и объему перевозимого груза от остальных, это объясняется тем, что топливная система этого корабля использует только отпарной газ из основных танков [13].

Можно установить связь между дедвейтом судна и объемом транспортируемого СПГ и определить суммарный объем танков СПГ для танкера «Тип 627». На рис. 8 представлен график зависимости дедвейта судна от объема резервуаров. С помощью интерполяции было определено, что приблизительный суммарный объем танков для модернизируемого танкера – 5450 м³.

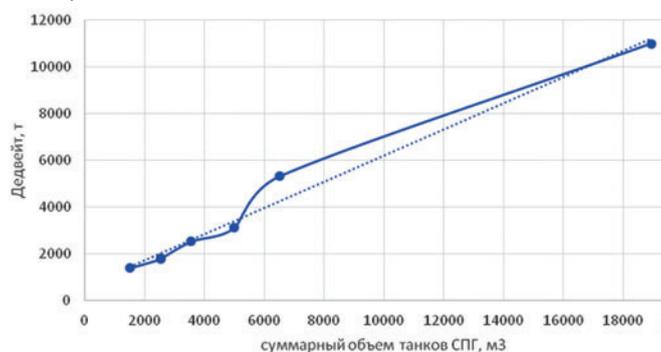


Рис. 8. График зависимости дедвейта от объема танков

После определения ориентировочного объема можно выбрать компоновку танков. По рекомендациям Lloyd's Register при объеме до 10 тыс. м³ следует использовать два одинаковых цилиндрических танка [14].

Для их изготовления нужно применить материал с высокой степенью адгезии замороженного ДТ и удовлетворительными механическими свойствами при температуре СПГ. В

Университете ИТМО проводится цикл экспериментов, направленных на обоснованный выбор материала для изготовления резервуара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем. Учеб. пособие. – СПб.: Судостроение, 2001 – 272 с.
2. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс IGC). – СПб.: «ЗАО ЦНИИМФ», 1999 – 292 с.
3. Soumya Chakraborty – Understanding the design of liquified gas carriers – Naval Architecture, 2019. – URL: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-liquefied-gas-carriers/> (дата обращения 09.06.2019);
4. International safety guide for inland navigation tank-barges and terminals. (ISGINTT). – Chapter 33: Types of gas carriers, 2010, 14 с.
5. LNG vessel construction – Advantages of Moss Rosenberg technology – URL: <http://www.liquefiedgascarrier.com/moss-rosenberg-containment-system.html> (дата обращения 09.06.2019)
6. IHI: What is SPB tank? – URL: https://www.ihico.jp/offshore/whatispb_e.htm (дата обращения 09.06.2019)
7. Wang K.S. Loss prevention through risk assessment surveys of LNG carriers in operation, under construction, conversation and repair. – BMT Marine & Offshore Surveys, 2012 – 58 с.
8. Wursig G.M. LNG fuel tank: benefits and challenges – Managing risk DNV, 2012. – 27 с.
9. Иванов Л.В., Анохин А.В. Анализ мембранных систем хранения груза для танкеров-газовозов. – СПб.: Морской вестник, 2019. – №2 (70). – 12 с.
10. Модернизация танкеров типа «Ленанефть» по пр. 003RST06 – URL: <http://meb.com.ua/news/news.html?141> (дата обращения 09.06.2019)
11. Fleet List Small Scale LNG Carriers – Updated URL: <https://small-lng.com/fleet-list-small-scale-lng-carriers-updated/> (дата обращения 09.06.2019)
12. TGE Marine Gas Engineering Company Presentation, 2018, 29 с.
13. Coralius: 5800 m3 LNG Bunker and feeder vessel – URL: <https://www.fkab.com/wp-content/uploads/sites/3/Coralius-LNG.pdf> (дата обращения 09.06.2019)
14. Karistios Leonidas. Small-scale LNG ships: a report into the commercial drivers and technical requirements for seaborne small-scale supply – Southampton, UK: Lloyd's Register Marine, 2018. – 32 с. ■

В качестве исходных данных, применяемых при проектировании математических моделей аэрогидродинамики судов на воздушной подушке (СВП) и экранопланов (ЭП), используются аэрогидродинамические характеристики (АГДХ), традиционно определяемые по результатам экспериментов с полноразмерными или масштабными моделями судов [1, 2]. Эксперименты с масштабными моделями судов, направленные на определение АГДХ, обладают рядом ограничений, в частности:

- моделирование в масштабе воздушной подушки (ВП), работы маршевых движителей, аэрогидроупругости элементов ограждения ВП на режиме крейсерского хода не удовлетворяют совокупности критериев подобия;
- детализация картины течения, а также определение аэрогидродинамических сил и моментов, действующих на отдельные элементы компоновки, осуществляются с использованием средств, влияющих на течение;
- поскольку в ходе создания аэрогидродинамической компоновки судна его облик меняется неоднократно, оценка изменения АГДХ по результатам систематических экспериментов оказывается чрезмерно затратной [3].

При рациональном применении действующих стандартов проектирования [4] очевидно, что разработка аэрогидродинамической компоновки конкурентоспособных СВП и ЭП должна завершаться не позднее окончания стадии разработки технического проекта или стадии разработки опытного образца. С учетом современного уровня развитий вычислительных технологий, обостряющих конкуренцию при создании новых образцов транспортных средств, рациональный подход к проектированию аэрогидродинамической компоновки судна с аэродинамическим поддержанием может быть реализован только в условиях систематизации и автоматизации проектирования.

Систематизация задач проектирования в форме алгоритмов неоднократно выполнялась в работах, посвященных созданию судов различных типов [5, 6, 7 и др.]. Однако практическая реализация подобных алгоритмов в большинстве случаев подразумевает создание отдельного программного обеспечения, поскольку основывается на использовании уникальных математических моделей. Интерфейс такого рода программных продуктов должен быть интуитивно понятным пользователю и поддерживать прямой обмен данными со сторонними САД/САЕ системами. Создание отдельных программных продуктов автоматизации и систематизации проектирования для каждого отдельного типа судов не оправданно ни экономически, ни с учетом постоянно расширяющегося их многообразия.

В течение последнего десятилетия в решении задач проектирования СВП и ЭП широкое применение находят технологии численного моделирования аэрогидродинамики (CFD-технологии) [3, 8, 9]. Одно из преимуществ применения CFD связано с возможностями более эффективного использования ресурсов проекта, чем с использованием модельных экспери-

ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКОРОСТНЫХ СУДОВ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОДДЕРЖАНИЕМ

А.В. Февральских, канд. техн. наук,
вед. инженер ЗАО «КАДФЕМ Су-Ай-Эс», Москва,
(495) 644 0608, a.fevralskih@gmail.com



Рис. 1. Классификация судов с аэродинамическим поддержанием

ментов [3]. Одновременно результаты CFD-моделирования обладают высокой информативностью, а лежащая в основе CFD-технологий математическая модель течения жидкости, формализованная уравнениями Навье–Стокса, универсальна для широкого круга задач моделирования гидрогазодинамики. Реализация CFD-технологий в формате коммерческих программных продуктов (ANSYS, Star CCM, FlowVision и др.), использующих совместимые с другими САД/САЕ системами интерфейсы, обуславливает возможности автоматизации их применения. Однако известны лишь единичные примеры систематизированного использования численного моделирования в решении задач проектирования судов с аэродинамическим поддержанием [3, 8]. В условиях преобладающей научно-технической парадигмы «четвертой промышленной революции», или «индустрии 4.0», это обстоятельство рассматривается как одна из причин замедления эволюции скоростных судов по сравнению с предыдущим столетием. Однако даже в условиях сужения рынка пассажирских перевозок с использованием скоростных судов продолжают появляться новые концепции речных и морских транспортных средств с аэродинамическим поддержанием, и таким образом проблема автоматизации и систематизации проектирования судов расширяет свою актуальность.

МНОГООБРАЗИЕ СУДОВ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОДДЕРЖАНИЕМ

Суда с аэродинамическим поддержанием (САДП) используют на крейсерском движении силы, действующей со стороны встречного аэродинамического течения (концепции судов с динамической ВП – экранопланов) или со стороны образованной под днищем воздушной полости (СВП, суда

с воздушной каверной). Среди многообразия типов САДП (рис. 1) наибольшей популярностью в России пользуются СВП с гибким ограждением баллонетного типа: по состоянию на 2018 г. выпущено более 1700 различных проектов [8].

Растущие требования к эксплуатации СВП привели к идее создания судна нового типа: амфибийного судна на ВП с аэродинамической разгрузкой (АСВП с АР, рис. 2). Потенциально АСВП с АР сочетает преимущества баллонетных СВП и ЭП, поскольку способно двигаться как на статической ВП (со скоростью около 100 км/ч), так и в режиме ЭП со скоростью более 150 км/ч. Движение на режиме статической (поддерживаемой вентиляторами) ВП предназначено для сложных в навигационном отношении участков маршрута: извилистых руслах боковых рек, болотистых пойм, а также для подхода к остановочным пунктам принятия пассажиров и грузов. Режим экраноплана эффективен на протяженных и широких магистральных реках, крупных озерах, морских зонах маршрута [8]. Разработка аэродинамической компоновки, создание и испытание пилотируемой модели первого образца АСВП с АР проекта «Тунгус» были выполнены российской судостроительной компанией «Аэроход» в 2013 – 2015 гг.



Рис. 2. Амфибийное судно на воздушной подушке с аэродинамической разгрузкой

Для перевозки пассажиров в условиях прибрежных районов Восточной Атлантики специалисты французской компании «Advanced Aerodynamic Vessels» предложили концепцию катамарана А2V, использующего аэродинамическое поддержание (рис. 3). В основе компоновки А2V лежит идея создания основной части корпуса (рубки) с профилем крыла, использующего положительное влияние экранного эффекта. Заостренные в носовой части skeги ограничивают по бортам область ВП, формируемой встречным аэродинамическим течением, и позволяют «разрезать» высокие волны, обеспечивая заявленную ходкость. Скорость крейсерского движения такого судна составляет около 80 км/ч. Проектирование первого образца А2V, постройка и опытная эксплуатация между городами Ля-Рошель–Сен-Назер были выполнены в 2013–2017 гг. Некоторые характеристики пассажирского А2V приведены в ниже:

Основные характеристики пассажирского судна с аэродинамическим поддержанием А2V-25-СВ

Длина, м.....	15,3
Ширина, м.....	13,4
Водоизмещение, т.....	19
Пассажировместимость, чел.....	25
Крейсерская скорость, уз.....	40
Дальность хода, км.....	500
Расход топлива, л/(км·пасс.).....	0,095
Мощность двигателей, л.с.....	2×600 (Scania D13)

В настоящее время в регулярной эксплуатации находятся два образца А2V: на атлантическом побережье Габона и на Женевском озере.



Рис. 3. Катамаран с аэродинамическим поддержанием А2V-25-СВ

Важную роль в создании представленных новых концепций судов с аэродинамическим поддержанием имело использование технологий автоматизации проектирования, воплощенных в САД/САЕ-системах с поддержкой инструментов численного моделирования аэрогидродинамики.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОДДЕРЖАНИЕМ

Проблема повышения эффективности проектирования судна с использованием систем автоматизации изложена в работе [10]. Анализируется глубина проработки проекта, достигаемая в основном за счет увеличения числа исследуемых вариантов компоновки при совместном решении оптимизационных задач для каждой подсистемы корабля. Для построения непротиворечивой комплексной многоуровневой оптимизации в работе [10] предлагается использовать возможности многопроцессорных компьютерных систем с различной архитектурой. Оптимизация компоновки судна в ходе разработки концептуального проекта демонстрируется в работе [11]. Определены достаточные пределы вариации коэффициентов общей полноты и удлинения корпуса грузового водоизмещающего судна. Расширенное определение понятия «концептуальное проектирование» дано в работе [12]. Отмечается, что концептуальное проектирование судов реализуется в виртуальной (компьютерной) среде в ходе создания и модификации электронно-вычислительной модели корабля, с использованием которой возможна наиболее полная оценка свойств и качеств судна в течение всего жизненного цикла. Пример применения технологий виртуального проектирования при разработке концепции баллонетного СВП представлен в работе [9]. С использованием методов численного моделирования, реализованных в программном обеспечении ANSYS, выполнено исследование различных вариантов компоновки движительно-рулевого комплекса баллонетного СВП, схемы гибкого ограждения, секционирования ВП. Констатируется, что применение методов виртуального проектирования значительно сокращает время, необходимое для получения исходных данных в ходе принятия проектных решений. Показано, что при этом возможно обоснованно сформировать оптимальный облик баллонетного СВП в соответствии с техническим заданием на проект.

Для малого пассажирского экраноплана ведущее значение при разработке концептуального проекта имеют характеристики устойчивости движения под действием экранного эффекта. Критерии статической продольной устойчивости экранного полета предложены в работе [13]:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{X}_F &= \bar{X}_{F_0} - \bar{X}_{F_{\alpha}} < 0; \\ \Delta \bar{X}_{TF} &= \bar{X}_T - \bar{X}_{T_{\alpha}} < 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где координаты аэродинамического фокуса по высоте \bar{X}_{F_0} и аэродинамического фокуса по углу атаки $\bar{X}_{F_{\alpha}}$, а также коор-

дината положения центра тяжести \bar{X}_T , определенные в долях средней аэродинамической хорды крыла в направлении от носа к корме экраноплана:

$$\bar{X}_{F_z} = \frac{\partial m_z / \partial \bar{h}}{\partial c_y / \partial \bar{h}} = m_z^{\bar{h}} / c_y^{\bar{h}}; \quad \bar{X}_{F_\alpha} = \frac{\partial m_z / \partial \alpha}{\partial c_y / \partial \alpha} = m_z^\alpha / c_y^\alpha.$$

Здесь m_z – коэффициент момента тангажа; c_y – коэффициент подъемной силы; α – угол атаки; \bar{h} – высота движения над экраном в долях средней аэродинамической хорды.

Для исследования концептуального проекта экраноплана по критериям продольной статической устойчивости необходимо определить координаты аэродинамических фокусов \bar{X}_{F_z} и \bar{X}_{F_α} как функции α и \bar{h} . Координаты \bar{X}_{F_z} и \bar{X}_{F_α} вычисляются через пространства значений $m_z(\alpha, \bar{h})$ и $c_y(\alpha, \bar{h})$. С применением численного моделирования экранной аэродинамики количество CFD-моделей N_{dp} , необходимых для анализа по критериям продольной статической устойчивости, оценивается по формуле

$$N_{dp} = |\alpha| \cdot |\bar{h}|, \quad (2)$$

где $|\alpha|$ и $|\bar{h}|$ – мощности множеств значений $\{\alpha\}$ и $\{\bar{h}\}$.

Принимая множество устойчивых режимов движения экраноплана анализируемой концепции λ конечным и дискретным, с пространством вариантов концепции $\Omega_\lambda(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p)$, где P – число критериев, по которым выполняются проектные исследования (например, ω_1 – удлинение крыла, ω_2 – стреловидность крыла и т.д.), минимальная сумма K_{is} подлежащих обработке CFD-моделей в ходе анализа только по критериям статической продольной статической устойчивости может быть определена по формуле

$$K_{is} = \sum_{i=1}^P (|\alpha| + \beta) \cdot (|\bar{h}| + \beta) \cdot \omega_i, \quad (3)$$

где β – коэффициент, зависящий от способа определения аэродинамических производных (для наиболее тривиального случая конечных разностей, очевидно, что $\beta = 1$).

В опыте численного исследования аэрогидродинамической компоновки АСВП с АР [8] по критерию удлинения крыла с количеством вариантов удлинений $\omega_1 = 4$ для определения положений аэродинамических фокусов принимается, что $|\alpha| = |\bar{h}| = 5$ и $\beta = 1$. Для исследования влияния удлинения крыла АСВП с АР на характеристики продольной статической устойчивости необходимо выполнить около $K_{is} = 144$ вариантов численного моделирования экранной аэродинамики. Если принять, что на обработку одной численной модели крыла и горизонтального оперения необходимо около 2 чел.-ч (при использовании современного вычислительного оборудования в распространенной комплектации, например, с восемью логическими ядрами процессора типа Intel Core и оперативной памятью 32 Гб), то получение данных для анализа по критериям продольной статической устойчивости с учетом $\omega_1 = 4$ вариантов удлинений крыла требует более 280 чел.-ч. Очевидно, что даже с учетом преимуществ вычислительного эксперимента по сравнению с испытаниями масштабной модели, для эффективной реализации компьютерных технологий концептуального проектирования необходимо обеспечение автоматизации и структуризации деятельности пользователей программного обеспечения CAD/CAE, участвующую в разработке проекта судна с аэродинамическим поддержанием.

Исследуя современные CAD/CAE, а также SPDM (англ. – Simulation Process and Data Management) системы, можно выделить, по меньшей мере, два уровня возможностей автоматизации и систематизации использования технологий численного моделирования для применения в концептуальном проектировании.

Автоматизация первого уровня подразумевает создание метаитеративных вычислительных проектов, в ходе выполнения которых воспроизведение основных этапов численного моделирования экранной аэродинамики – перестро-

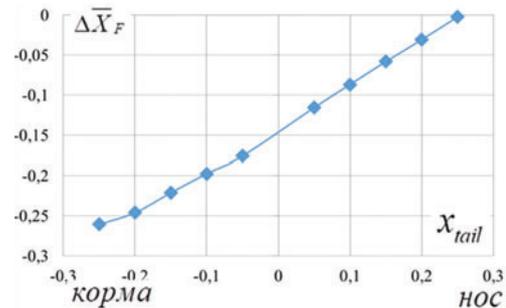
ение геометрии области моделирования, генерация контрольнообъемной сеточной модели, определение начальных и граничных условий, а также запуск численного решения уравнений Навье–Стокса и обработка его результатов при переходе от одного расчетного случая к последующему осуществляются без привлечения пользователя. В рамках апробации возможностей метаитеративного подхода были определены исходные данные для анализа по критериям продольной статической устойчивости компоновки крыла и горизонтального оперения концепции малого пассажирского экраноплана типа «составное крыло» (рис. 4).



Рис. 4. Модель экраноплана «составное крыло»

Исследовалось влияние на положение аэродинамических фокусов угла установки крыла, угла установки оперения, а также плеча и высоты установки оперения относительно крыла. Выполнено численное моделирование более 120 расчетных случаев обтекания компоновки встречным аэродинамическим потоком с учетом влияния экранного эффекта. По результатам вычислений определены характерные зависимости критерия устойчивости $\Delta \bar{X}_F$ от исследуемых параметров компоновки (рис. 5). Из опыта проектирования известно, что рекомендуемое значение $\Delta \bar{X}_F \in (0,07; 0,15)$, и, таким образом, на основании данных рис. 5 можно выбрать соответствующий диапазон значений плеча и угла установки горизонтального оперения в ходе проектирования ЭП типа «составное крыло» (см. рис. 4).

а)



б)

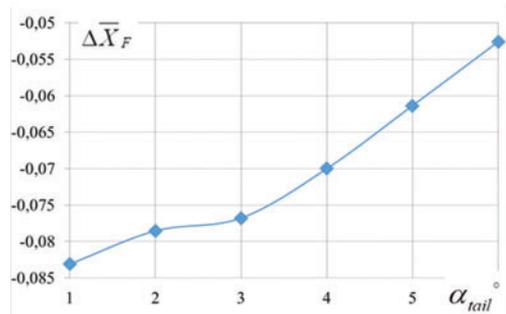


Рис. 5. Зависимости критерия Иродова $\Delta \bar{X}_F$ от продольной координаты установки горизонтального оперения x_{tail} относительно исходного положения (рис. 4) в долях средней аэродинамической хорды крыла (а) и от угла установки горизонтального оперения (б) модели экраноплана типа «составное крыло»

Создание и реализация метаитеративного вычислительного проекта в среде ANSYS Workbench с использованием программных пакетов Design Modeler, Meshing, Fluent и CFD-Post и вычислительного оборудования в комплектации, описанной выше, заняла около шести часов. Таким образом, фиксируется возможность более чем пятикратного преимущества использования средств автоматизации численного моделирования при вариантном исследовании концептуального проекта ЭП.

Возможности автоматизации и систематизации проектной деятельности на более высоком уровне позволяют рассматривать постановку технического задания, инструменты решения, ход и результаты выполнения концептуального проектирования САДП в формате единой базы знаний, реализованной в виртуальной среде на основе SPDM-системы. Одним из примеров системы типа SPDM является программный комплекс ANSYS ЕКМ [14]. Этот инструмент автоматизации и систематизации виртуального проектирования позволяет строить структурированную базу данных проекта, создавать, загружать, сохранять и обрабатывать результаты проектных исследований, как вычислительных, так и экспериментальных; формировать документацию (технические задания, отчеты, чертежи), а также выстраивать механизмы взаимодействия между разными проектными группами и подразделениями, включая возможности совместного решения оптимизационных задач разработки отдельных элементов компоновки. Через интерфейс ANSYS ЕКМ возможен вызов метаитеративных вычислительных проектов, сформированных в ANSYS Workbench и реализующих методики численного исследования разрабатываемой концепции по интересующим критериям. Система ANSYS ЕКМ используется в ОАО «Концерн «Океанприбор», а также в деятельности таких ведущих производственных и научно-исследовательских организаций, как ИБРАЭ РАН, ОАО «РКК «Энергия» им. С. П. Королева», ПАО «Туполев», ОАО «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежалая», ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», АО «ОКБМ Африкантов» и др. Успех ANSYS ЕКМ в различных сферах научно-инженерной деятельности обусловлен возможностями отражения и реализации проектных и исследовательских алгоритмов в виртуальной среде на основе инструментов параметрической оптимизации и связанного использования универсальных математических (численных) моделей, реализованных в линейке программного обеспечения ANSYS (методы конечных элементов, контрольных объемов и др.). Внедрение систем типа ANSYS ЕКМ в проектирование компоновок скоростных судов с аэродинамическим поддержанием пока остается делом будущего.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты анализа различных подходов к моделированию в ходе решения задач проектирования судов с аэродинамическим поддержанием (САДП). Предложена классификация САДП с учетом новых концептуальных типов САДП, приведены основные характеристики концепций «СВП + ЭП» и «катамаран + летающее крыло». Исследованы возможности автоматизации концептуального проектирования аэродинамической компоновки пассажирского экраноплана типа «составное крыло» на примере определения влияния на критерий продольной статической устойчивости экранного полета параметров установки горизонтального оперения. По-

казано, что в решении этой задачи с использованием системы организации метаитеративного (вариантного) моделирования аэродинамики возможен более чем пятикратный выигрыш в трудоемкости главным образом за счет автоматизации подготовки вычислений и обмена данными между узлами вычислительного проекта. Представлены возможности автоматизации и систематизации проектной деятельности с использованием программного обеспечения ANSYS ЕКМ, внедрение которой в проектирование САДП, несмотря на успех в других отраслях научно-технической деятельности, на данный момент лишь дело будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демешко Г.В. Проектирование судов. Амфибийные СВП: Учебник. – В 2-х кн. – СПб: Судостроение, 1992. – 269 с.
2. Маскалик А.И., Нагапетян Р.А., Иваненко В.В., Бутлицкий А.Г., Томилин В.В., Лукьянов А.И. Экранопланы: транспортные суда XXI века – СПб.: Судостроение, 2005 – 576 с.
3. Лобачев М.П., Кальясов П.С., Лукьянов А.И., Февральских А.В., Шабаров В.В. Сравнительный анализ двух подходов к разработке аэрогидродинамической компоновки скоростного амфибийного судна // Морской вестник. – 2017. – № 3(63). – С. 22–27.
4. ГОСТ 2.103–2013. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стадии разработки (с Поправкой).
5. Суржик В.В. Структурно-параметрический синтез математических моделей экранопланов: монография. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 196 с.
6. Савинов Г.В. Методология оптимизационного проектирования морских судов на основе многоуровневых математических моделей и методов активного диалога: дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. – СПб.: СПбГМТУ, 1998. – 301 с.
7. Мухина М.Л. Выбор и аналитическая оценка гидродинамической схемы судна на подводных крыльях на ранних стадиях проектирования: дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 132 с.
8. Февральских А.В. Разработка методики проектирования аэрогидродинамической компоновки амфибийного судна на воздушной подушке с аэродинамической разгрузкой на основе численного моделирования: дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017. – 175 с.
9. Игумнов Л.А., Крыжанов А.М., Ермолаев А.В., Кальясов П.С. Применение методов виртуального проектирования при разработке концептуального проекта амфибийного судна на воздушной подушке с гибким ограждением баллонетного типа // Вестник НГУ им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 1(3). – С. 102–108.
10. Артошина Т.Г., Гайкович А.И. Повышение эффективности проектирования судов с использованием САПР // Судостроение. – 2007. – № 5(774). – С. 11–13.
11. Тарануха М.А., Мьтник М.А. Влияние оптимизации проектных элементов на сопоставление судов и их транспортных систем в рамках концептуального проектирования // Судостроение. – 2010. – №3(790). – С. 22–26.
12. Панченков А.Н., Любимов В.И. Концептуальное проектирование судов: идеология, основания и виртуальная среда // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2010. – № 28. – С. 64–78.
13. Иродов Р.Д. Критерий продольной устойчивости экраноплана при полете с постоянной скоростью вблизи экрана // Ученые записки ЦАГИ. – 1970. – № 4. – Т. 1. – С. 63–74.
14. Петров А.Ю. Автоматизация инженерного расчетного моделирования в судостроении с помощью ANSYS ЕКМ // Рациональное управление предприятием. – 2014. – № 3. – С. 66–69.
15. Гусев М.В., Кечков А.А., Арутюнян А.Р. Система поддержки процессов проведения расчетных обоснований в атомной энергетике // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – № 1(157). – С. 21–27. ■

Современное отечественное судостроение характеризуется единственным либо мелкосерийным характером производства. Для строительства каждого отдельного заказа (или серии) разрабатывается соответствующий комплект проектной документации.

Вследствие длительных сроков проектирования и постройки строительство заказа начинается задолго до полной готовности проектной документации. При этом рабочее проектирование обычно выполняется параллельно со строительством.

Разработка проектной документации в сроки и с качеством, необходимыми для своевременной постройки заказа – нетривиальная управленческая задача. Обобщенно модель управления ходом проектных работ может быть представлена повторяющейся последовательностью четырех основных шагов:

- планирование выполнения тех или иных проектных работ;
- запуск и выполнение запланированных работ;
- контроль хода и результатов выполнения работ;
- выработка и реализация управленческих решений, направленных на устранение отклонений от плановых показателей (рис. 1).

Как правило, разработанная документация должна согласовываться с заводом-строителем и судовладельцем, а также получить одобрение классификационного общества и других надзорных органов. На любом из этих этапов разработанный документ может быть возвращен проектанту на доработку с необходимостью получения одобрения заново на новую ревизию документа. Кроме того, зачастую возникает необходимость внесения изменений в уже разработанные документы по тем или иным причинам.

Плановые показатели разработки тех или иных проектных документов, в свою очередь, нередко претерпевают изменения по требованию завода-строителя вследствие различных факторов, связанных с особенностями проекта, организацией производства, поставками материалов, оборудования и комплектующих, изменениями требований заказчика и пр.

В результате проектант сталкивается с необходимостью управления ходом множества параллельно протекающих процессов разработки, согласования и изменения проектных документов в динамичной и не очень предсказуемой среде, включающей в себя множество неблагоприятных факторов.

Из-за сложности самого объекта управления для выработки эффективных предупреждающих либо корректирующих управляющих воздействий на различных уровнях управления целесооб-

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ РАБОТАМИ В СУДОСТРОЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ «МЕРИДИАН»

А.С. Соловьев, ген. директор ПАО «Выборгский судостроительный завод»,
И.В. Щербаков, ген. директор ООО ПКБ «Петробалт»,
В.А. Власов, ген. директор ООО «ДАТАСИТИ»,
 контакт. тел. +7(921) 939 5594, +7(921)902 7706



Рис. 1. Обобщенная модель управления разработкой проектной документации

разно использование соответствующих средств автоматизации. При более детальном анализе обнаруживается, что специфические потребности проектанта по управлению проектными работами отнюдь не покрываются возможностями диаграммы Ганта в многочисленных универсальных средствах управления проектами в диапазоне от Microsoft Project до Oracle Primavera.

К средствам, претендующим на обеспечение эффективной поддержки проектанта в части управления проектными работами, предъявляется целый ряд специфических требований, основные из которых:

- **соответствие предметной области.** Используемые объекты модельного состояния и их характеристики должны соответствовать искомой предметной области. При взаимодействии с системой должен использоваться привычный пользователю понятный язык – документы проекта, пакеты документов, виды документации, извещения, оперативные решения, помещения, секции, блоки, заводской архив, замечания классификационного общества и др.;
- **адекватность.** Принятие управленческих решений должно опираться на адекватное модельное состояние процессов проектирования;

- **полнота.** Модельное состояние процессов проектирования должно включать в себя набор таких показателей, которых будет достаточно для определения источников и причин возникновения отклонений, требующих соответствующей управляющей реакции;
- **актуальность.** Те или иные аналитические показатели, предоставляемые средствами поддержки проектанта, должны отражать текущее состояние дел и быть актуальными на момент формирования;
- **детальность.** Вследствие того, что в проектной организации (подразделении) обычно действует принцип разделения полномочий и ответственности между уровнями управления, руководителям разных уровней требуется управленческая информация разной степени детальности;
- **доступность.** Требуемые данные по ходу работ, возможным проблемам и причинам их появления должны быть доступны соответствующему руководителю в любое время и немедленно – сразу, как только понадобятся, вне зависимости от вычислительной сложности процедур их получения, а также в любом текущем месте нахождения руководителя. Анализируя вышеизложенные фак-

ты, в ПКБ «Петробалт» было принято решение создать собственную систему управления проектными работами, впоследствии названной автоматизированной системой (АС) «Меридиан». Поддержка проектных работ» – решение, обеспечивающее средствами планирования и управления ходом проектных работ по разработке проектной документации на различных стадиях проектирования, а также информационного обеспечения о ходе проектных работ завода-строителя и других участников процесса строительства судна.

АС «Меридиан. Поддержка проектных работ» предназначена для использования:

- *руководителями различных уровней* (руководителем проектной организации, главным конструктором, менеджером отдельного проекта, руководителем направления (специализации), начальником отдела, руководителем группы) как средство управления ходом проектных работ;
- *рядовыми исполнителями* как инструмент информационной поддержки и координации;
- *руководителями подразделений завода-строителя* как инструмент информационной поддержки процессов строительства судов.

Средствами АС «Меридиан» организуется общее, совместно используемое, информационное пространство, в котором концентрируются актуальные данные о составе и характеристиках подлежащих разработке проектных документов, договорных отношениях, плановых сроках, контрагентах и взаимоотношениях с ними, об исполнителях, о работах и ходе их исполнения и пр. Указанные данные отображают адекватное, полное и актуальное модельное состояние хода процессов проектирования и служат основой для расчета показателей, необходимых для оценки степени успешности хода работ и формирования соответствующих управляющих воздействий.

Основой модельного состояния является перечень разделов и пакетов документов по проектам, подлежащих разработке (рис. 2).

По каждому пакету документов проекта заполняются (индивидуально или группой) некоторые плановые показатели (по мере того, как они становятся известными):

- состав пакета (перечень документов, составляющих пакет);
- сведения о контрагенте-исполнителе (если есть) и заказчике, договорные отношения с заказчиком и контрагентом, платежные этапы заказчика и контрагента и пр.;
- сведения о необходимости получения одобрения классификационного общества и других организаций;

Ряд	№ пакета	Именование	Дл-е	Специализация	Статус	Отм.	Зак.	Договор	Зак.	Этап	Зак.	План	Исчты	Разр.
1	IBSV01-000-1	Фундаменты под механическое оборудование в р-не днищевых секций блоков 5-14	1	Фундаменты	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016	5-9	01.01.2010	01.11.2015				
2	IBSV01-000-10	Сквозь и вентилирование	1	Дстройка	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		09.06.2017	15.03.2017			33	Собств.
3	IBSV01-000-11	Лестничное ограждение	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		15.03.2017	15.03.2017				
4	IBSV01-000-12	Локальный, забортный трап и шлюзы-трапы	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		15.03.2017	15.03.2017				
5	IBSV01-000-13	Оборудование вертолетной площадки	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		15.03.2017	15.03.2017				
6	IBSV01-000-2	Фундаменты под механическое оборудование в р-не блоков 5-14	1	ФедДстройка	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016	6-13	01.01.2010	15.03.2017				
7	IBSV01-000-3	Фундаменты под механическое оборудование в р-не блоков 1-4, 15-19	1	Фундаменты	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016	8-10	01.01.2010	15.03.2017			10	Собств.
8	IBSV01-000-4	Фундаменты под механическое оборудование в р-не блоков 20-22, 25-26, 30-33	1	ФедДстройка	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016	9-10	01.01.2010	15.03.2017			0	Собств.
9	IBSV01-000-5	Фундаменты под механическое оборудование в р-не блоков 24, 28-29	1	Фундаменты	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		15.03.2017	15.03.2017				Комплект
10	IBSV01-000-6	Грузоподъемное устройство	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		15.03.2017	15.03.2017				Собств.
11	IBSV01-000-7	Маневровое устройство	1	Дстройка	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		20.07.2017	20.07.2017			25	Собств.
12	IBSV01-000-8	Якорно-швартовное устройство	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		20.07.2017	20.07.2017			90	Собств.
13	IBSV01-100-0001	Вязаность РКД	1	Обеспечение	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016		31.01.2017	31.01.2017			150	Собств.
14	IBSV01-100-0002	Таблица сварки	1	Устройство	ВСЗ	Дог.	Н 1214 от 01.04.2016							Собств.

Рис. 2. Пример планового перечня пакетов документов проекта

- сведения о направлении (специализации), подразделении-исполнителе, ответственном сотруднике-исполнителе, плановой трудоемкости и пр.;
- данные по соотношению пакета с секциями, блоками, строительными районами, помещениями и пр.;
- сведения о необходимости выпуска ПТД к документам пакета (карт раскроя, шаблонов и пр.) и соответствующих плановых показателях;
- набор служебных пометок («Закладная секция», «К спуску» и т. д.);
- указания на необходимость получения тех или иных документов предыдущих стадий проектирования, спецификаций на оборудование и пр. (рис. 3).

Затем, если требуются детальное планирование и учет работ отдельных исполнителей, заблаговременно отбираются документы с наступающим сроком

сдачи, и формируются работы для исполнителей с учетом сроков и загрузки (исполнителя, подразделения, проеканта в целом). Исполнители, видя перечень и параметры назначенных им работ, приступают к их выполнению (рис. 4).

В ходе и по завершении выполнения работ исполнители, вводя в систему данные о ходе работ, а также о выпущенных ревизиях документов, извещениях, оперативных решениях и пр., АС «Меридиан» обеспечивает централизованное ведение извещений разных видов и оперативных решений, обеспечивая при необходимости автоматическое формирование их номеров по соответствующим шаблонам.

По окончании разработки документ отправляется на поэтапное согласование с заводом-строителем и другими организациями, а также может быть помещен в заводской архив. Все пересылки документа, одобрения, возвраты к

IBSV01-000-1
Фундаменты под механическое оборудование в р-не днищевых секций блоков 5-14:

Общие | План | Данные по оборудованию | ПДСП | Помещения | Отправка/получения | Работы | Файлы | Аудит

Разработка РКД:
Заказчик: [dropdown]
Договор, д/с: [dropdown]
Этап оплаты: N 5-1 от 01.01.2010

Разработка ПТД:
Заказчик: [dropdown]
Договор, д/с: [dropdown]
Этап оплаты: [dropdown]

Разработка:
 Собственными силами
 Силами контрагента-субподрядч
 Сторонней организацией
 Не выполняется

Исполнитель:
 Организация: ПКБ «ПЕТРОБАЛТ»
 Отв.сопр.: Петров П.Л.

Объем и длительность работ:
 Норма/часы: 44 К сроку: 01.11.2015
 Запланировать работу
 Задан ресурс
 Задана длительность, дней
 Завершить до срока, рабочих дней: [input]

Buttons: OK, Отмена

Рис. 3. Пример настройки некоторых плановых показателей пакета документов

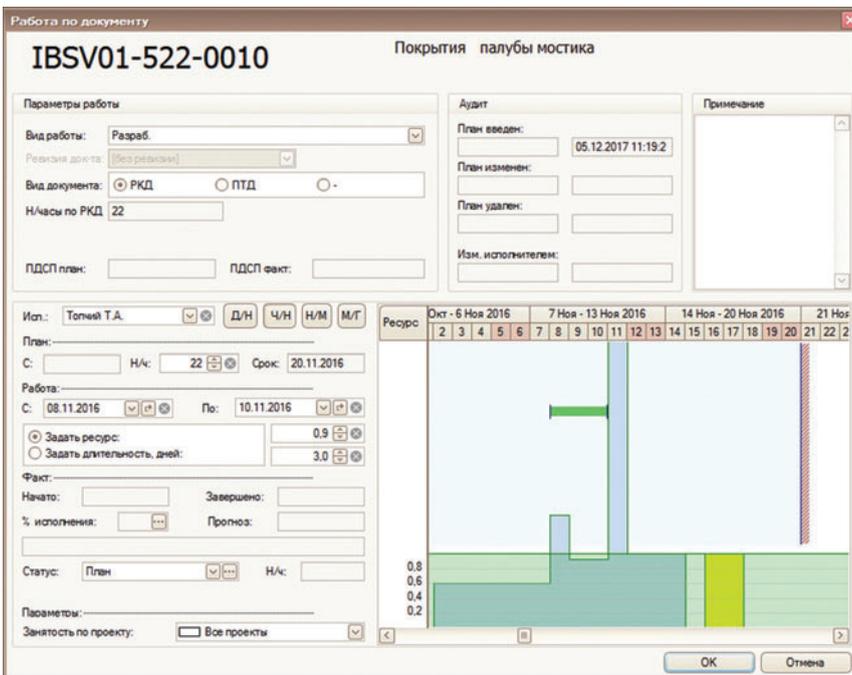


Рис. 4. Пример формирования работы исполнителя по документу

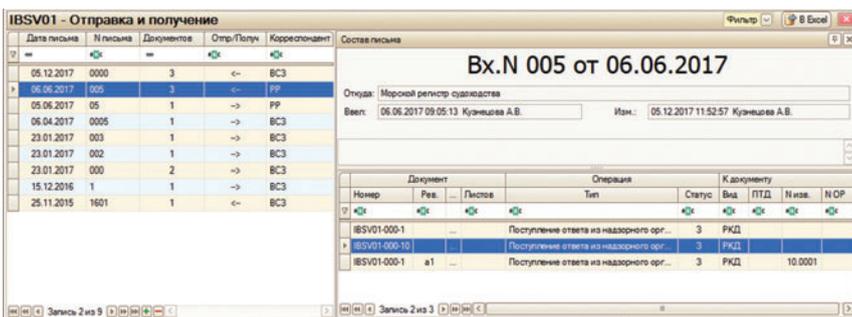


Рис. 5. Пример данных по отправке и получению документов

замечаниями и прочее фиксируются в АС «Меридиан». Аналогичным образом фиксируются поступления и отправки документов от/к исполнителям-контрагентам (рис. 5).

Детальные данные по ходу работ, накопленные в АС «Меридиан», исполь-

зуются для формирования нескольких десятков отчетных форм (рис. 6). Эти отчетные формы предоставляют руководителю набор показателей с различной степенью детальности (вплоть до отдельного документа) о текущем состоянии в общем, о проблемных участках, надви-

Специализация	Кол-во документ...			РКД: Заказчику ВСЗ										РКД: В архиве ВСЗ			РКД: От испс						
	Всего	РКД	ПТД	Не отпр.	Отпр.	Отв. заводом	Ждем	С	С/З	З	отпр ОР	зам на ОР	Копия 1	Не отпр.	Отпр.	К отпр.	Не получ.	Отпр.	С	С/З	З	Не	
прочее	1	1	1		1										1								
Общесудовая часть	7	7	7		7																		
Корпус	129	129	62	20	110	18	10	1	5	12		3	8	26	89	6						5	
Фундаменты	172	172	152	41	132	8	19	1	1	6			1	63	105	2	1				3		
Устройства и дельные вещи	129	129	26	7	122	14	21	1	1	12				21	94	2							
Достройка и оборудование помещений	88	88	5	9	79	3	25			3				27	52								
Судовые системы и механизмы	278	278	129	69	213	26	36	1	5	20				97	159	6	3				9		
Заказные ведомости	10	10	10	3	7	3	4			3				10									
МСЧ	220	220	90	29	192	27	31	8	6	13				80	135	14	11				42		
Достройка Гесер	1	1	1		1									1									
Электрика и автоматика	99	99	98	35	66	24	14	5	8	11				71	28	13	7				47		
Итого	1134	1134	581	220	923	123	161	17	26	80		3	9	403	663	43	22	106					

Рис. 6. Пример сводки по проекту в разрезе специализаций

гающихся нарушениях плана, причинах возникновения отклонений.

В то время как все средства АС «Меридиан» штатным образом доступны в виде настольного приложения, в состав системы входит дополнительный модуль — «Меридиан». Ассистент руководителя». Эта подсистема предназначена для выполнения информационной поддержки руководителя проектной организации или подразделения завода-строителя с использованием мобильного устройства (планшета семейства iPad), подключенного к сети Интернет посредством WiFi либо мобильного соединения.

Подсистема «Меридиан. Ассистент руководителя» предоставляет руководителю возможность оперативного получения нужных сводных и детальных данных — от текущего состояния работ по тому или иному проекту до информации об отдельных документах — с целью своевременного принятия необходимых управленческих решений вне зависимости от текущего местонахождения пользователя подсистемы (офис, командировка, выездное совещание и пр.) в полном соответствии с принципом доступности (рис. 7).

Нередко отдельные части проекта выполняются различными проектан-тами, что требует применения средств, автоматизирующих ведение совокупных данных по нагрузке масс для всего проекта. С указанной целью был разработан дополнительный модуль АС «Меридиан» — «Учет нагрузки масс» (рис. 8), позволяющий команде проек-танта организовать эффективный техно-логический процесс получения, ве-дения, обработки и анализа данных по нагрузке масс для документов выполняющихся проектов.

Применение АС «Меридиан. Учет нагрузки масс» позволяет достигать следующие цели:

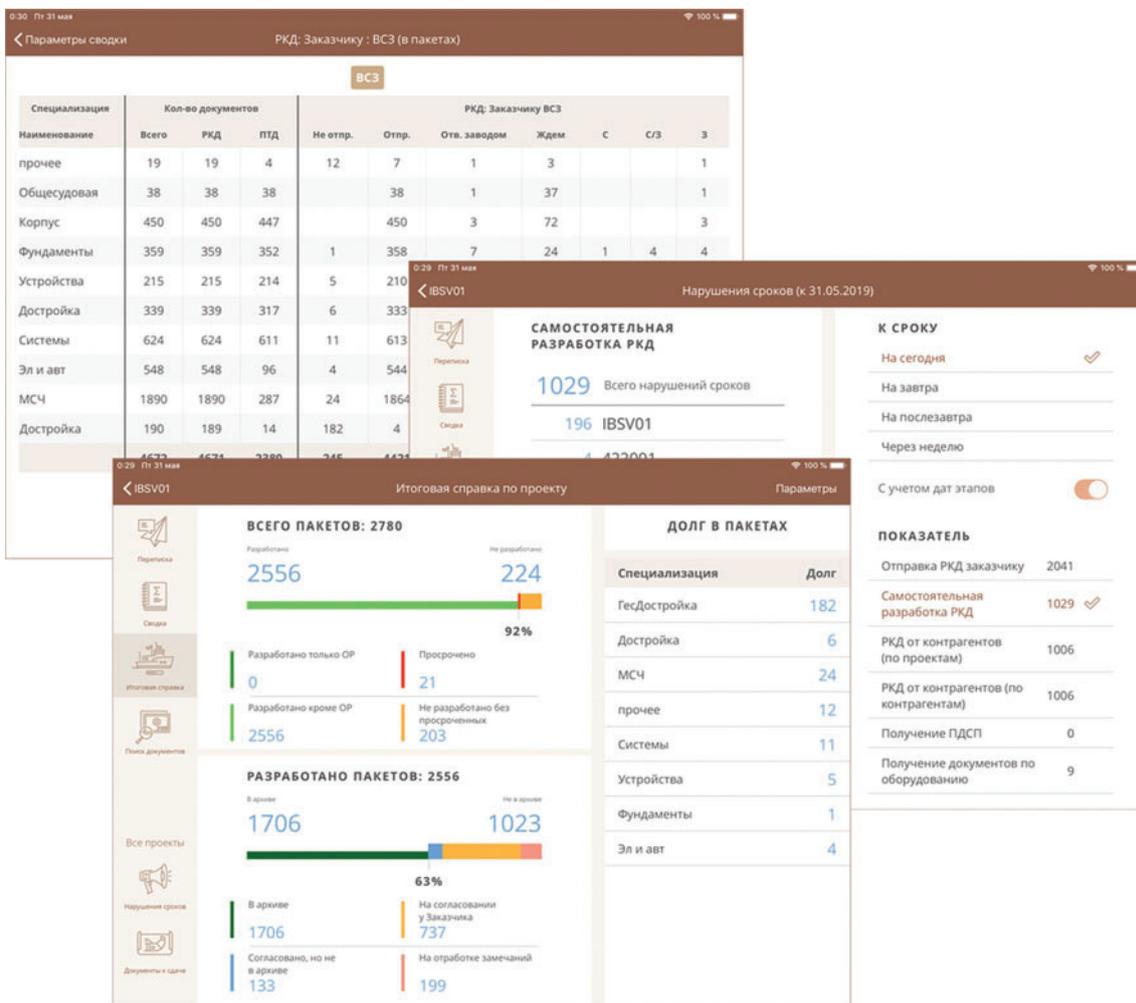


Рис. 7. Пример экранов «Меридиан. Ассистент руководителя»

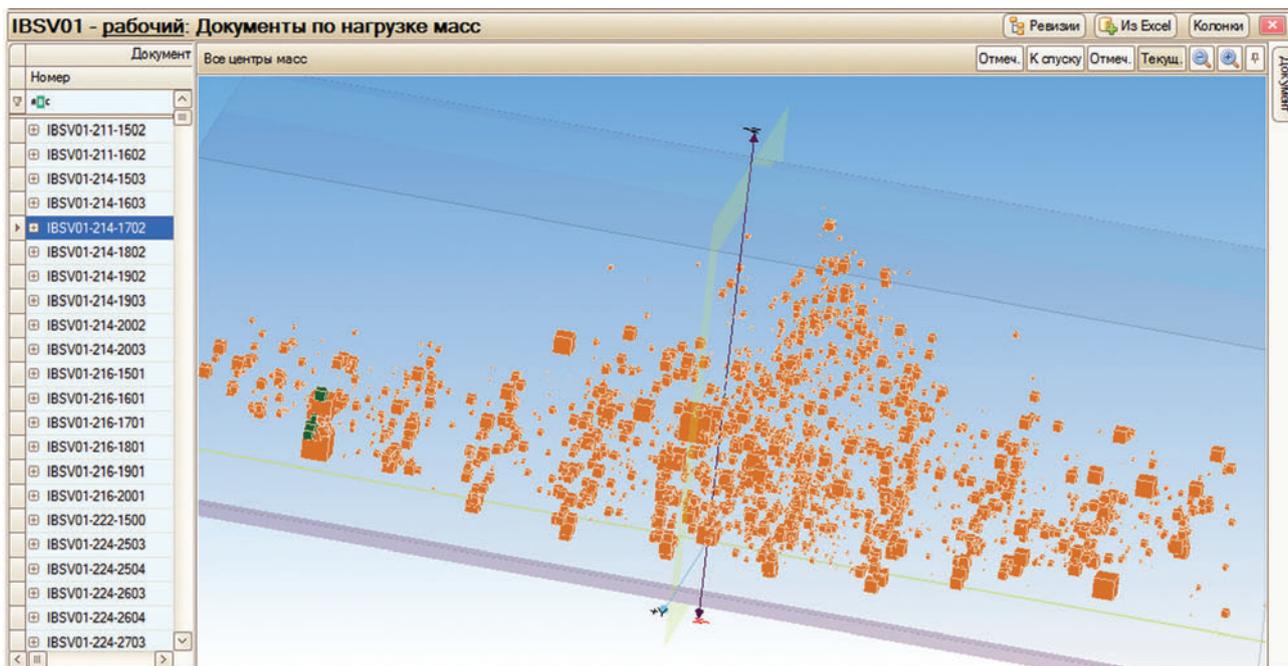


Рис. 8. Графическое представление обрабатываемых данных по нагрузке масс

- обеспечить выпуск конструкторской документации по нагрузке масс в требуемом объеме и точно в срок;
- существенно повысить качество проектных работ, связанных с нагрузкой масс, за счет наличия развитых средств предупреждения, выявления и устранения ошибок;
- кардинально снизить трудоемкость ведения нагрузки масс;
- постоянный контроль на соответствие текущих результатов по нагрузке масс и данных по весовой нагрузке, полученных на предыдущих стадиях проектирования;

Исходные данные | Расчеты | Настройки

Ввод | Документы | Изменения | Статистика | Сводная ведомость | Сравнение вариантов | Водоизмещение по датам | Варианты расчета

IBSV01 - рабочий: Текущие документы

Статья		Масса, т			Плечо, м			Момент, т*м		
Код	Наименование	Масса, т	Лимит	Превыш.	X	Y	Z	X	Y	Z
ИТОГО	Водоизмещение порожнем	8 670,894			2,385	0,087	10,111	20 684,312	751,568	87 674,644
01	Корпус	6 011,572			4,373	0,054	9,987	26 285,794	323,363	60 037,726
0101	Корпус металлический	5 244,808			3,897	0,074	9,244	20 441,400	388,006	48 482,728
010101	Обшивка наружная, настил втор...	2 631,011			1,789	-0,186	5,549	4 707,071	-489,095	14 599,107
01010101	Обшивка наружная	901,682			2,969	-0,315	5,311	2 677,217	-284,477	4 788,820
01010102	Настил второго дна	169,039			1,581	-0,396	3,987	267,313	-66,911	673,916
01010103	Набор продольный междудонный	208,188			-1,753	-0,247	3,382	-365,047	-51,475	704,074
01010104	Набор поперечный междудонный	548,172			6,068	-0,294	3,250	3 326,079	-160,986	1 781,369
01010105	Набор бортов продольный	89,547			4,526	0,322	7,694	405,282	28,876	688,974
01010106	Набор бортов поперечный	436,459			2,793	0,156	7,726	1 218,827	68,124	3 372,001

Документы

01010103
Набор продольный междудонный

01010103 - Корпус / Корпус металлический / Обшивка наружная, настил второго дна, примыкающие части / Набор продольный междудонный

Документ		Плечо, м			Момент, т*м			
Номер	Рев.	Масса, т	X	Y	Z	По X	По Y	По Z
IBSV01-216-1501		19,164	-35,400	-4,000	4,600	-678,406	-76,656	88,154
IBSV01-216-1601		17,164	-35,500	4,500	4,600	-609,322	77,238	78,954
IBSV01-216-1701		8,985	-43,608	-3,862	6,691	-391,818	-34,700	60,119
IBSV01-216-1801		8,208	-43,631	4,450	6,650	-358,123	36,526	54,583
IBSV01-216-1901		0,451	-48,650	-3,976	7,579	-21,941	-1,793	3,418
IBSV01-216-2001		0,392	-48,650	4,550	7,540	-19,071	1,784	2,956

Рис. 9. Расчет водоизмещения порожнем

- организовать эффективный технологический процесс массовой обработки данных по нагрузке масс с разделением зон ответственности между сотрудниками;
- организовать прозрачное информационное взаимодействие как с заказчиками, так и с контрагентами-исполнителями.

Учет нагрузки масс возможен и в целом по проекту, и в разрезе отдельных секций, блоков и строительных районов. Система не навязывает жесткого порядка работы. Пользователи сами выбирают, в каком объеме и с какой степенью детальности вводятся данные в систему.

Поддержка ревизий и аннулирования документов позволяет легко поддерживать соответствие между документами, выпущенными либо измененными проектантом, и актуальными данными по нагрузке масс в системе.

Основываясь на реальных потребностях управления проектами, АС «Меридиан» непрерывно совершенствуют. Среди расширений, ожидаемых в ближайшее время, можно отметить:

- архив электронных документов, связанных с объектами системы;

- книга вопросов верфи проектанту;
- элементы анализа и нормирования трудоемкости тех или иных проектных работ на основе накопленного массива данных по выполненным работам, а также характеристик сложности (объема) объектов проектирования (по массе объекта, по длине трубопровода, по количеству спулов и пр.);

- ведомости и перечни для ведения работ по комплектации и насыщению макроблоков при использовании на заводе-строителе технологии интегрированного крупноблочного строительства;

- ведомости и перечни для ведения работ под сдачу помещений и районов судна на конструктивность.

Удобство использования, функциональность, информационная насыщенность позволили успешно использовать АС «Меридиан» в работе ПКБ «Петробалт» с 2017 г. в работе над ПДСП, РКД, ПСД, ЭД пр. 03070 судна ярусного лова краба, строящегося в настоящее время на ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла», дноуглубительного судна типа TSHD 2000, строящегося на ООО «Онежский ССЗ».

Активное использование системы в настоящее время ведется по всем проектам судов, разрабатываемых в ПКБ «Петробалт», в том числе для рыбопромысловых судов – траулеров пр. ST-116XL, строящихся на Выборгском судостроительном заводе. При этом АС «Меридиан» для указанного проекта учитывает особенности РКД четырех заказов судов данного проекта, строящихся для разных заказчиков.

Практический опыт активного применения АС «Меридиан» в ПКБ «Петробалт» показал высокую эффективность управления процессами проектирования, что позволяет заявлять о соответствии системы поставленным целям. Система доказала свою эффективность при поддержке проектных работ проектной организации, и сейчас испытываются модули более широкого взаимодействия между ПКБ и заводом-строителем.

АС «Меридиан» при необходимости может быть интегрирована в любую систему управления предприятием как на загрузку, так и на выгрузку любой информации, необходимой для управления процессами судостроения в целом и имеет хорошую перспективу широкого использования в отрасли. ■

В октябре 2019 г. будет отмечаться 70-летие одного из ведущих предприятий судостроительной отрасли – АО «ЦМКБ «Алмаз». Корабли, построенные по документации, разработанной в ЦМКБ «Алмаз», хорошо известны морякам как советского, так и российского ВМФ, морским пограничникам, а также многих зарубежных флотов. Около 1000 кораблей и катеров более чем 40 типов, построенных по документации ЦМКБ «Алмаз» на различных верфях, были поставлены почти в 40 стран мира, в том числе и в две страны, входящие в блок НАТО.

Одна из визитных карточек АО «ЦМКБ «Алмаз» – *ракетные катера и малые ракетные корабли*, идея создания которых зародилась в середине 50-х гг. в стенах СКБ-5 (так в те времена именовалось конструкторское бюро), которым руководил Е. И. Юхнин.



Е. И. Юхнин

Сложность решения задачи заключалась в необходимости объединения усилий многих контрагентов – разработчиков комплексов оружия и систем управления им, разработчиков энергетических установок и прочего и необходимости соблюдения при этом жестких весовых лимитов для достижения заданных тактико-технических элементов проектируемого корабля. Фактически это была одна из первых комплексных целевых программ по созданию корабля нового типа. Благодаря таланту, энергии и организаторским способностям Е. И. Юхнина и усилиям многих коллективов в декабре 1957 г. был произведен первый в мире успешный пуск ракеты с катера пр. 183Э. Результатом этой работы явилось создание нового класса боевых кораблей – ракетных катеров и малых ракетных кораблей.

Первые в мире ракетные катера пр. 183Р водоизмещением чуть более 80 т, получившие по классификации НАТО наименование «Комар», показали, что могут больно «укусить» большие корабли. Так, в 1967 г. в период арабо-израильского конфликта два таких египетских катера успешно атаковали и потопили израильский эсминец водоизмещением более 2000 т.

Дальнейшим развитием этого класса кораблей стали ракетные катера пр. 205, получившие по классификации НАТО наименование «Оса», что вполне отвечает их назначению. Всего было построено по пр. 183Р более 160 катеров (в том числе около 50 на экспорт), а по пр. 205 более 450 катеров (в том числе около 250 на экспорт).

За создание этих катеров коллектив конструкторов во главе с Е. И. Юхниным был удостоен звания лауреатов Ленинской премии. Полученный опыт работы впоследствии широко применялся в практике бюро.

Успешное использование катеров типа «Комар» и «Оса» в арабо-израильских и индо-пакистанских военных конфликтах подтвердили высокую эффективность нового типа кораблей

«МОЛНИЯМ» - 40 ЛЕТ

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

и вынудили почти все развитые страны также приступить к разработке и строительству ракетных катеров.

В середине 70-х гг. при активном участии Е. И. Юхнина была разработана и утверждена правительством «Система малых кораблей и катеров для ВМФ и морских частей погранвойск». Внедрение этой системы позволило упорядочить типы строящихся кораблей и катеров, существенно сократить сроки их постройки и расходы на их создание и эксплуатацию. Одним из основополагающих кораблей системы явился *ракетный катер 3-го поколения «Молния»* и его модификации.

Первоначально в систему входило пять модификаций кораблей на базе пр. 1241 «Молния», которые отличались как по составу вооружения, так и по типу энергетической установки, в том числе:

- ракетный катер, пр. 1241-1,
- малый противолодочный корабль, пр. 1241-2,
- ракетный катер для поставки на экспорт, пр. 1241РЭ,
- малый противолодочный корабль для поставки на экспорт, пр. 1241ПЭ,
- малый артиллерийский корабль для поставки на экспорт, пр. 1241АЭ.

В связи с задержкой создания комплекса РО «Москит» первым разрабатывался технический пр. 1241-1 ракетного катера с комплексом РО «Термит», в который кроме самой ракеты входили комплекс целеуказания «Гравий», разработанные НИИ «Гранит», пусковые установки КТ-138, разработанные КБ машиностроения, и аппаратура предстартового контроля и пуска «Коралл». Этот состав комплекса был проверен на катере пр. 205мод (зав. № 470) еще в 1972 г. Руководство работой отделов при разработке технического проекта, утвержденного в конце 1974 г., осуществлялось в основном в проектно-отделе (начальник отдела Л. Л. Ермаш, начальник сектора В. П. Липиев). После утверждения технического проекта руководство работой отделов было сосредоточено в секторе главного конструктора, где были назначены заместители главного конструктора проекта по разным модификациям, по пр. 1241-1 – В. Н. Устинов, по пр. 1241-2 – Е. Ф. Волкович, по пр. 1241РЭ – Р. Е. Путилин.

В дальнейшем с увеличением объема работ, связанным с привлечением новых предприятий-строителей, дополнительно заместителями главного конструктора были назначены по пр. 1241-1 А. Л. Ивченко и А. В. Тимчук, по пр. 1241-2 Ю. В. Арсеньев, В. А. Мельзенинов.

Строительство головных катеров пр. 1241 с комплексами РО «Термит» и «Москит» (зав. № 401 и № 402) велось на Приморском заводе ПО «Алмаз». Руководителем группы технического сопровождения был назначен В. Н. Устинов.

Строительство головного катера пр. 1241-1 «Молния» (зав. № 401) из-за большой производственной загруженности ПО «Алмаз» серийной продукцией и задержки поставок нового оборудования шло с отставанием от графика. Зима 1978/1979 г. была очень суровой (до -30°C). Морозы начались в середине декабря и продлились до конца марта. Спуск катера на воду состоялся только в начале декабря 1978 г. Разводки мостов уже не было, да и Нева была забита битым льдом. По этой причине было принято решение выводить катер с завода для перевода на сдаточную базу в Балтийск мелководным Петровским фарватером, с которого к этому времени уже была снята навигационная обстановка. Но все прошло благополучно, и в начале декабря катер был переведен в Балтийск. В связи с дефицитом времени командование ВМФ приняло

решение о совмещении заводских ходовых и государственных испытаний.

Наладочные выходы в море начались уже в Балтийске, при подготовке очередного выхода в корпусе одного из маршевых двигателей обломилась шпилька заземления ротора турбины, и первые выходы осуществлялись в основном на трех двигателях: одном маршевом и двух полного хода. Сняв аварийный двигатель и подвесив его в машинном отделении вертикально, специалистам СПБ «Машпроект» удалось извлечь обломанную шпильку, вновь смонтировать турбину и приступить к полноценным испытаниям энергетической установки и катера в целом. На одном из выходов катер достиг скорости хода свыше 47 уз. До конца 1978 г. удалось провести скоростные и маневренные испытания и ракетные стрельбы. Зачетная стрельба производилась двумя ракетами: с радиолокационной головкой самонаведения (ГСН) и с тепловой ГСН. Обе ракеты поразили щит, который по результатам стрельбы был признан непригодным для дальнейшего использования. После Нового года испытания продолжили для завершения программы в полном объеме, включая межведомственные испытания системы радиотехнической обстановки и активных помех МП-405.

С наступлением весны катер перешел в Локсу под Таллином, где на полигоне проводилось определение уровней физических полей. Окончательно испытания были закончены во втором квартале 1979 г.

Командиром на головной катер был назначен капитан 3 ранга Б. Р. Домбровский (впоследствии контр-адмирал), а командиром электромеханической боевой части П. Кадобнов. Им первым из катерников пришлось осваивать газовые турбины на ракетных катерах, с чем они успешно справились. Председатель комиссии Государственной приемки катера капитан 1 ранга Ю. В. Суздальцев дал самую высокую оценку новому кораблю.

По результатам государственных испытаний головного катера (зав. № 401), которые проходили в четвертом квартале 1978 г., в первом полугодии 1979 г. было принято решение о порядке дальнейшего строительства катеров и внедрения предложений и замечаний Госкомиссии. В соответствии с этим решением при строительстве последующих катеров были внедрены следующие предложения:

1. Для улучшения обзора ходовая рубка катера была поднята на 400 мм.

2. Практически полностью изменена система воздухоприема главных двигателей. Во избежание воздействия струи стартового двигателя ракеты на вторую ступень фильтров-водоотделителей забор воздуха был перенесен с бортовых стенок надстройки на крышу и закрыт сверху козырьком. Фильтры-водоотделители первой ступени были также установлены внутри надстройки второго яруса.

3. Предусмотрены шахты подвода воздуха на эжекционное охлаждение газоотводов отдельно для каждого двигателя.

4. В связи с отсутствием поставки РЛС «Галс» и инициативой ЦНИИ «Квант» – разработчика радиотехнического комплекса «Монолит» – все строящиеся катера комплектовались радиолокационными комплексами целеуказания «Монолит», что значительно повысило их тактические возможности, в особенности в части выполнения групповых атак противника.

Все эти мероприятия реализовывались, уже начиная со второго корабля, с комплексом «Термит», строящегося на ПО «Алмаз», зав. № 403, который был сдан заказчику в конце 1980 г.

В 1979 г. было принято решение об организации серийного строительства ракетных катеров пр. 1241-1 на Средне-Невском (руководитель группы технического сопровождения А. Л. Ивченко) и Хабаровском (руководитель группы технического сопровождения А. В. Тимчук) судостроительных заводах со сроком сдачи первых катеров в 1982 г.



РКА пр. 12411Т с РТК «Монолит»

Однако эксплуатация катера зав. № 403 в течение 1981 г. выявила в работе главной энергетической установки серьезный недостаток – явление барботажа масла в двигателе полного хода правого борта, что почему-то не сразу проявилось на головном катере (зав. № 401). Для ликвидации этого явления и обеспечения надежной работы агрегата СПБ «Машпроект» было принято решение о перекомпоновке агрегата М-70 для водоизмещающих кораблей и о переносе фланца отбора мощности со стороны воздухоприема на сторону газоотвода. В свою очередь это потребовало полной перекомпоновки кормового машинного отделения и привело к переносу срока сдачи первых серийных катеров на 1983 г. Но, несмотря на трудности и сжатые сроки, «СФ «Алмаз» удалось в 1982 г. сдать катер зав. № 404. В 1983 г. были сданы первые катера, построенные на двух упомянутых заводах (зав. № 200 и зав. № 901), а также последний из построенных на «СФ «Алмаз» зав. № 405. В связи с задержкой поставок основного оборудования в 1984 г. были сданы только два катера на Хабаровском заводе (зав. № 902 и № 903). Зато в 1985 г. по мере освоения выпуска ГТЗА и комплексов РТВ ВМФ передали сразу 8 катеров – по 4 катера постройки Средне-Невского судостроительного завода и Хабаровского судостроительного завода. В последующем до 1991 г. сдача катеров происходила в соответствии с плановыми сроками.

Одновременно со строительством головного катера «Молния» (зав. № 401) на ПО «Алмаз» велось строительство головного катера с комплексом РО «Москит» (зав. № 402), который первоначально предполагалось комплектовать такой же газотурбинной установкой. Однако в целях снижения расходов при эксплуатации катеров за счет уменьшения расхода топлива по инициативе ЦМКБ «Алмаз», 1 Института ВМФ, ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова и по согласованию с заводом «Звезда» и СПБ «Машпроект» было принято решение о комплектации катера зав. № 402, а также всех серийных катеров



РКА зав. №402 – головной корабль с комплексом РО «Москит»

с комплексом «Москит» дизель-газотурбинной установкой, в которой маршевые турбины М-75 были заменены дизель-редукторными агрегатами ДРА510, представляющими собой дизель с гидротрансформатором. Это позволило при заданной дальности плавания снизить запасы топлива с 79 т до 54 т и тем самым компенсировать увеличение массы главной энергетической установки. Зато при приеме наибольшего запаса топлива во все цистерны дальность плавания возрастала значительно. Учитывая сроки сдачи катера зав. № 402 и необходимость проведения на нем межведомственных испытаний комплекса «Москит», газотурбинная часть ГЭУ (агрегат М-15А) была поставлена на этот катер без учета разворота газотурбинных двигателей М-70 с некоторым ограничением их мощности. Катер был спущен на воду летом 1981 г., переведен на Черное море, где до конца года успешно прошел полный комплекс испытаний, в том числе комплекса «Москит». По результатам этих испытаний были усилены газоотбойники на стенках надстройки от воздействия струи стартового двигателя ракеты, а в конструкцию надстройки серийных катеров были внесены значительные изменения. На этом же катере после доработки пусковых установок КТ-152 в конце 90-х гг. проводились испытания и комплекса «Москит-М» с увеличенной дальностью. В 1990 г. катер пришел на ПО «Алмаз» для проведения модернизации и капитального ремонта, но в связи с сокращением финансирования в 1994 г. было принято решение о его списании.

В начале 1982 г. было принято совместное решение о размещении на ракетном катере пр. 1241-1 (зав. № 202), строящемся на Средне-Невском судостроительном заводе, головного образца ЗРАК «Кортик» для проведения испытаний. При этом был изменен номер проекта – он стал 12417. Директор Средне-Невского судостроительного завода В. К. Демьяненко с большим энтузиазмом поддержал это решение и в дальнейшем сделал все возможное для его выполнения. В 1983 г. из-за необходимости доработки двигателей полного хода газотурбинного агрегата М-15 сроки сдачи серийных катеров «Молния» были сдвинуты на год, в связи с чем при установке комплекса «Кортик» на катере зав. № 202 сроки его сдачи также сдвигались на год. Поэтому с учетом степени готовности катеров, по согласованию с ЦМКБ «Алмаз», Средне-Невским судостроительным заводом и ВМФ было принято решение об установке комплекса на катере зав. № 201. Поскольку строительство ракетных катеров «Молния» было развернуто одновременно на трех заводах отрасли, большинство наиболее сложного оборудования (газовые турбины, редуктора, система управления ТС и др.) поступали на завод-строитель и грузились на корабль прямо, как говорится, «с колес». Сложность строительства катера зав. № 201 заключалась еще и в том, что для проведения испытаний комплекса его следовало перевести на Черное море в Феодосию. В отличие от серийных

катеров на нем была изменена конструкция третьего яруса надстройки, мачты для размещения антенного поста командного модуля ЗРАК «Кортик» и кормовой части надстройки для размещения аппаратуры боевого модуля комплекса и самой башенной установки. Кроме этого, в обеспечение работы комплекса на катере дополнительно размещались система гироскопической стабилизации «Ладога», два дополнительных кондиционера и другое оборудование. Соответствующие изменения претерпели судовые системы катера и электрооборудование.

Катер зав. № 201 был спущен на воду 14 сентября 1983 г. К моменту спуска из Севастополя прибыл экипаж катера во главе с командиром – опытным моряком капитаном 3 ранга В. Т. Орловым.

На момент спуска на катере были установлены лишь артустановка АК-176, пусковые установки КТ-138 ракетного комплекса, штурманская и навигационная аппаратура, дизель-генераторы, главные распределительные щиты и электрооборудование, смонтированы системы, обеспечивающие непотопляемость и живучесть катера. С 20 по 25 сентября после выполнения ряда задач на катер был вселен личный состав. Сразу по получении главных двигателей и системы КСУ ТС «Двин-2» (30 сентября) все это оборудование, включая изготовленные заранее секции газоотводов, было погружено на катер и закреплено технологическими болтами, и он был подготовлен для перевода по внутренним водным путям на Черное море. Из Ленинграда катер ушел на буксире 7 октября и прибыл в Керчь накануне Октябрьских праздников. До Нового 1984 г. работы на катере не велись, поскольку завод был занят сдачей первого катера «Молния» зав. № 200 в Ленинграде, а затем на сдаточной базе в Балтийске. После успешной сдачи катера зав. № 200 с января 1984 г. в Керчь, где на сдаточной базе Рыбинского судостроительного завода «Вымпел», размещающейся на территории завода «Залив», находился катер зав. № 201, стали приезжать бригады рабочих и электромонтажники цеха № 9 предприятия «ЭРА» для выполнения достроечных работ. В короткие сроки, учитывая нахождение катера вне родного завода, до конца марта были смонтированы и отцентрованы главные двигатели и редуктора, собраны газоотводы, смонтирована и введена в действие система КСУ техническими средствами катера и в основном закончена распайка электрооборудования по макетам приборов. Поздно вечером 31 марта произвели первый запуск главных двигателей и фактически были закончены швартовные испытания корабля.

До 14 апреля корабль проходил обработку на стенде завода «Залив», а личный состав совместно с заводской сдаточной командой сдавал задачи К-1 и К-2. 17 апреля состоялся первый выход в море в районе Керчи уже по программе заводских ходовых испытаний. До конца апреля были полностью испытаны главная и вспомогательная энергетические установки, судовые системы, радиосвязь, проверены диаграмма углов работы и прочность фундаментов носовой артиллерийской установки АК-176. С 10 мая корабль перешел в Севастополь для проведения скоростных, маневренных и других режимных испытаний. Таким образом, в конце мая на корабле были выполнены работы по закрытию удостоверений по программе заводских ходовых испытаний в максимально возможном объеме, не связанные с комплексом «Кортик». Тогда же, в конце мая, катер встал на заводе «Залив» под погрузку и монтаж комплекса «Кортик», а в июле перешел в Феодосию для проведения испытаний по программе комплекса, которые продолжались с отдельными перерывами до конца года. В августе корабль был предъявлен на государственные испытания (председатель комиссии ПК ГПК – капитан 1 ранга С. Д. Семьянин), но в связи с отсутствием поставки двух основных радиотехнических комплексов «Монолит» и МП-405 было решено провести



РКА пр. 12417 с ЗРАК «Кортик»

их частично. В сентябре катер перешел в Севастополь, где были проведены скоростные и маневренные испытания, стрельбы из артиллерии АК-176 и ряд других проверок, после чего был сделан перерыв в испытаниях, и корабль вернулся в Феодосию для продолжения работ по комплексу «Кортик». В конце ноября 1984 г. на корабль были поставлены комплексы РТВ «Монолит» и МП-405. Из-за отсутствия соответствующих условий погрузка оборудования на катер проводилась на заводе «Залив» в Керчи, куда он перешел в первых числах декабря. В середине декабря корабль перешел уже в Севастополь для выполнения ракетной стрельбы главным комплексом по программе испытаний. Поскольку радиотехнические комплексы были сданы не полностью, целеуказание катер должен был получать от другого корабля: в данном случае от ракетного катера «Р-42» – головного катера с комплексом РО «Москит». Стрельба, несмотря на сложные погодные условия, была выполнена успешно. Окончательный монтаж и настройка комплексов проводились уже в 1985 г. в Керчи, и в апреле катер был окончательно предъявлен на государственные испытания. Для проведения испытаний в Феодосии были привлечены: БПК «Проворный» пр. 61Э с РЛС «Ангара», МПК-5 пр. 1124 с ЗРК «Оса-М», БПК «Комсомолец Украины» пр. 61 с вертолетом. И вот, 10 июня 1985 г., акт государственной приемки ракетного катера «Р-71» был подписан. Межведомственные испытания опытного образца комплекса «Кортик» продолжались на катере еще полтора года и закончились в декабре 1986 г.

Первые серийные катера с комплексом РО «Москит» были сданы на Хабаровском судостроительном заводе в декабре 1986 г., а на Средне-Невском – в феврале 1987 г. Строительство ракетных катеров пр. 12411 в связи с проблемами с финансированием растянулось до 2003 г. Последний катер из



РКА пр. 12411 с комплексом РО «Москит»

числа заложенных на Средне-Невском заводе (зав. № 216) так и не достроен и в 2016 г. списан на металлолом.

Всего на трех заводах для отечественного ВМФ было построено 49 ракетных катеров типа «Молния», в том числе на ПО «Алмаз» 5 ед. (4 Т+1 М), на Средне-Невском заводе 16 ед. (6 Т+10 М), на Хабаровском заводе 28 ед. (8 Т+20 М).

Проект 12412 «Молния-2» малого противолодочного корабля разработан в том же корпусе, что и ракетный катер пр. 12411-1. В качестве главных двигателей на нем установлены высокооборотные дизель-редукторные агрегаты М507 производства завода «Звезда» суммарной мощностью 20 000 л.с. Скорость хода корабля – 33–34 уз. Для обнаружения и уничтожения подводных лодок на корабле установлена гидроакустическая станция «Бронза» с подкильной и опускающей антеннами, четыре 400-мм однотрубных торпедных аппарата с системой управления торпедной стрельбой и комплект реактивных бомбометных установок РБУ-1200. Артиллерийское вооружение включает одну артиллерийскую АК-176 в носовой части и одну артиллерийскую АК-630М в корме с радиолокационной системой управления МР-123.



ПСКР пр. 12412

Головной корабль, построенный на Ярославском судостроительном заводе, был сдан в 1979 г. На сдачу головного малого противолодочного катера в Таллин приехала большая группа старших офицеров из Управления морпогранчастей КГБ СССР. Они по достоинству оценили новый корабль, и в результате большая часть построенных по этому проекту кораблей несла службу по охране государственной границы нашей страны. Строительство этих кораблей велось одновременно на Ярославском (руководитель группы технического сопровождения Е. Ф. Волкович) и Владивостокском (руководитель группы технического сопровождения Ю. В. Арсеньев) судостроительных заводах. Всего с 1979 по 1989 г. было построено 29 ед., в том числе в Ярославле 20 ед. (из них 10 для службы в морпогранчастях) и во Владивостоке 9 (все для морпогранчастей).

Экспортная модификация ракетного катера пр. 1241РЭ внешне представляет собой практически копию головного катера, построенного для отечественного ВМФ. На нем только не предусматривалась РЛС по управлению совместными боевыми действиями и ряд другого оборудования, не разрешенного для поставки на экспорт. Головной корабль был сдан в 1980 г. и передан в состав соединения, в котором велась подготовка иностранных экипажей. Строительство этих кораблей на Рыбинском судостроительном объединении «Вымпел» продолжалось с конца 1970 по 1990 г. Всего было построено 22 корабля, в том числе два на Ярославском судостроительном заводе. Поставка осуществлялась в пять стран.

В 1985 г. между СССР и Республикой Индия был заключен контракт на разработку лицензионной документации для постройки катеров пр. 1241РЭ в Индии. Контрактом также предусматривалось оказание технического содействия при постройке и испытаниях построенных там катеров. Группу специалистов возглавил главный конструктор Ю. В. Арсеньев, а затем его заместитель А. В. Шляхтенко. История организации лицензионного строительства катеров в Ин-



Корвет пр. 1241РЭ ВМС Индии

дии, а впоследствии и во Вьетнаме – это тема отдельного повествования.

В отличие от экспортной модификации ракетного катера экспортная модификация 1241ПЭ (всеми работами руководил заместитель главного конструктора Е. Ф. Волкович) по сравнению с основным проектом претерпела значительные изменения. На нем было усилено противолодочное оружие благодаря замене четырех однотрубных 400-мм торпедных аппаратов на два двухтрубных 533-мм, а также установлена станция общего обнаружения «Позитив-Э», что повысило тактические возможности корабля. Строительство малого противолодочного катера пр. 1241ПЭ в количестве семи единиц шло на Ярославском судостроительном заводе с 1986 по 1991 г. Четыре корабля были построены для Индии, один для Республики Куба, а два пос-



ПСКР пр. 1241ПЭ (ТА сняты)

ледных в связи с изменившейся обстановкой в середине 90-х гг. были переданы морским силам ПС ФСБ России.

Проект 1241АЭ малого артиллерийского корабля (всеми работами руководил заместитель главного конструктора Е. Ф. Волкович) фактически представлял собой экспортную модификацию пр. 1241-2 без противолодочного вооружения. Однако в отличие от других экспортных модификаций не был востребован.

Кроме представленных выше, в конце 80-х – начале 90-х гг. разрабатывались еще четыре модификации на базе пр. 1241 «Молния», две из которых по разным причинам не получили воплощения в жизнь. В число этих модификаций входят:

- пр. 12416 малого противолодочного корабля для ВМФ,
- пр. 12418 ракетного катера с комплексом РО «Уран-Э» для поставки на экспорт,
- пр. 12419 ракетного катера с комплексом РО «Уран» для ВМФ,
- пр. 12421 ракетного катера с комплексом РО «Москит-Э» для поставки на экспорт.

Технический пр. 12416 малого противолодочного корабля был дальнейшим развитием корабля пр. 1241-2. На нем в качестве основного противолодочного вооружения предусматривались опускаемая ГАС «Звезда» и комплекс противолодочного оружия «Медведка». В качестве оружия самообороны на корабле были предусмотрены артустановка АК-176М в носовой части и ЗРАК «Кортик» в кормовой. Для обеспечения целеуказания оружию самообороны на корабле предусматривались два радиолокационных комплекса: РЛСУ МР-123 для управления стрельбой артустановки и общего обнаружения «Позитив», который одновременно выполнял функции командного модуля комплекса ЗРАК «Кортик». Главная энергетическая установка, как и в основном ракетном варианте, предусматривалась дизель-газотурбинной. Полное водоизмещение корабля достигло 575 т, а скорость хода составляла около 35 уз. В соответствии с утвержденным техническим проектом была разработана рабочая конструкторская документация и на Хабаровском судостроительном заводе были заложены и практически собраны два корпуса этих кораблей.

Однако в начале 90-х гг. в связи с отсутствием финансирования строительство кораблей было приостановлено. Только в 2018 г. все по этой же причине было принято решение об утилизации построенных корпусов.

Технический пр. 12419 ракетного катера с комплексом РО «Уран», начатый в 1989 г., так и не вышел из стадии многочисленных проектных проработок по составу вооружения в связи с отсутствием у заказчика на тот момент четкого представле-



РКА пр. 12418 ВМС Вьетнама

ния о его назначении. Дальнейшие работы по этому проекту были прекращены в связи с сокращением финансирования.

Несколько позднее в 1990 г. в целях повышения экспортного потенциала ЦМКБ «Алмаз» совместно с Судостроительным объединением «Вымпел» был разработан и осуществлен пр. 12418 катера «Молния» с комплексом РО «Уран-Э» с 16 ракетами (главный конструктор Ю. В. Арсеньев, заместитель С. А. Иванов). Эта модификация катера с некоторыми изменениями, а именно с 76-мм артустановкой ОТО Melara Comrap и комплексом целеуказания Lunx для нее, строилась в Индии в развитие существовавшего в то время лицензионного соглашения. В дальнейшем по этому проекту, но уже полностью с отечественным вооружением, в рамках лицензионного соглашения были построены два катера на ССО «Вымпел» в Рыбинске, и шесть катеров в Республике Вьетнам. В тот же период на Средне-Невском судостроительном заводе были построены два таких катера для Туркменистана. В настоящее время в Рыбинске для ВМФ РФ достраиваются



Проектный вид РКА пр. 12418 для ВМФ РФ

два катера по модернизированному пр. 12418 (с использованием корпусов пр. 12421).

Технический пр. 12421 с комплексом ракетного оружия «Москит-Э» и усиленным радиотехническим вооружением (главный конструктор Ю. В. Арсеньев, заместитель С. А. Иванов) был разработан в 1993 г. после принятия решения о возможности поставки ракет «Москит» на экспорт. По мнению ВО «Рособоронэкспорт», эта модификация была



PKA пр. 12421

более перспективна для поставки на экспорт, чем комплектация с ракетами «Уран-Э». По этому проекту был построен один катер на Объединении «Вымпел» в Рыбинске. Однако этот прогноз не подтвердился, и этот катер так и остался единственным.

При создании кораблей семейства «Молния» нашли воплощение и прошли проверку новые технические решения в части оружия и вооружения, энергетических установок, конструкционных материалов и др. Эти катера строились для ВМФ СССР, морпогранчастей КГБ СССР и на экспорт. Всего на базе «Молнии» построено более 100 катеров различных модификаций, а в две страны была продана лицензия на их строительство. Общий тоннаж построенных кораблей превышает 55 000 т, а мощность главных двигателей, установленных на них, превышает 3,5 млн. л. с.

Один из экспортных катеров «Молния», когда-то входивший в состав ВМФ ГДР, после объединения Германии был передан немецким правительством в США, где американские специалисты провели его всесторонние испытания и дали ему очень высокую оценку. В статье, опубликованной в газете «New York Times» от 26 мая 1992 года, говорится: «Это судно – плавающая кладовая технологий для морских специалистов в области двигателей, вооружений, электрических схем и других систем и является одним из самых быстроходных и смертоносных судов этого класса в мире. У него очень современная, компактная и мощная двигательная установка. Этот корабль сделан хорошо, добротно и практично».



PKA пр. 1241РЭ НВМС ГДР. Ныне используется США в качестве музея

При создании любого нового корабля выполняется достаточно много опытно-конструкторских работ, большую часть которых представляют собой привязку серийного оборудования к конкретному составу боевых и технических средств корабля. Но при создании ракетных катеров пр. 1241 «Молния» были выполнены несколько принципиально новых опытно-конструкторских работ, на основе результатов которых был

создан целый ряд проектов как в ЦМКБ «Алмаз», так в ряде других проектно-конструкторских бюро отрасли.

1. Комплекс противокорабельного ракетного оружия «Москит» разработан в подмосковном МКБ «Радуга» под руководством главного конструктора И. С. Селезнева. Ракета «Москит» явилась первой сверхзвуковой ракетой морского базирования и создавалась на базе аналогичной авиационной ракеты. Первоначально предполагалось, что ракета будет иметь относительно небольшие габариты, и масса ее составит около 1,7 т. В эскизном проекте катера при полном водоизмещении немногим более 400 т, заданном в ТТЗ на проектирование, предполагалась установка 6 ракет (по 3 побортно), а в качестве оружия самообороны артустановку АК-176 в носу и комплекса ЗУРО «Оса-М» в корме. Скорость хода катера должна была составлять 48–50 уз. Однако по мере оморачивания ракеты, удовлетворения требований по выполнению противозенитного маневра и других масса и габариты ракеты значительно выросли: длина ракеты достигла 10 м, а масса 4,2 т, соответственно значительно возросла и масса пусковых установок. В результате в техническом проекте пришлось ограничиться установкой только четырех ракет и вместо комплекса ЗРК разместить две артустановки АК-630М в корме.

На дальнейших стадиях разработки документации для проверки воздействия струи стартового двигателя ракеты на корпусные конструкции на Ржевском полигоне был построен натурный макет, представляющий собой часть корпуса катера и надстройки. При проведении пробных пусков были определены нагрузки и температуры, воздействующие как на конструкции, так и на личный состав, и проверена достаточность мероприятий, предусмотренных для защиты личного состава. По результатам испытаний толщина листов газоотбойников, изготовленных из алюминиевомагниевого сплава, была увеличена в полтора раза. В дальнейшем после проведения межведомственных испытаний комплекса «Москит» на катере зав. № 402 материал газоотбойников серийных катеров был заменен на сталь.

На катере зав. № 402 был установлен и прошел межведомственные и государственные испытания первый корабельный сверхзвуковой комплекс ракетного оружия «Москит» в составе:

- противокорабельной ракеты «Москит» (разработчик МКБ «Радуга», главный конструктор И. С. Селезнев);
- пусковых установок КТ-152 (разработчик КБМ, главный конструктор Н. К. Цикунов);
- комплекса целеуказания ракетному оружию «Монолит» (разработчик НИИ «Квант», главный конструктор Б. Ю. Тука);
- корабельной системы управления ЗЦ80 (разработчик НПО «Альгаир», главный конструктор С. А. Климов).

2. Для катеров проекта 1241-1 был создан уникальный главный газо-турбозубчатый агрегат М-15 суммарной мощностью 34 тыс. л. с., обеспечивший головному катеру скорость хода свыше 47 уз. В состав этого агрегата входят две маршевые турбины М-75 мощностью по 5000 л. с., обеспечивающие экономический ход катера, две турбины полного хода М-70 мощностью по 12 000 л. с. и четыре редуктора. Два уникальных суммирующих V-образных редуктора со встроенными упорными подшипниками передают мощность 17 000 л. с. каждый на гребные валы. Два других обеспечивают с помощью поперечного вала-перекидки возможность на экономическом ходу передавать мощность от одного из маршевых двигателей одновременно на оба гребных вала, что позволяет при этом значительно снизить расход топлива. В дальнейшем на базе этого агрегата была создана для серийных катеров с комплексом РО «Москит» одна из первых в мире комбинация дизель-газотурбинная установка М-15А, обеспечивающая совместную работу дизель-редукторного агрегата ДРА М510 и газовой турбины полного хода на гребной вал.



Пуск ПКР «Москит» с РКА пр. 12411

При этом ДРА510, разработанный и изготовленный на заводе «Звезда», может обеспечивать катеру экономический ход при прямом подключении на гребной вал до 20 уз. Совместная работа дизеля и турбины осуществляется за счет подключения дизеля через гидротрансформатор.

Для головного катера с ДГТУ в ЦМКБ была разработана оригинальная КСУ ТС «Орион-ДГТУ», однако для серийных катеров с ДГТУ ЦНИИ «Аврора» была разработана КСУ ТС «Флора-1241», в состав которой входили: системы управления ГД «Туман-1241», ЭЭС «Ишим-1241», ОСС «Невель-1241».

Для серийных катеров с чисто газотурбинной установкой была разработана КСУ ТС «Орион-1241» с центральным пультом управления «Двин-2».

3. Для отработки обводов корпуса и мореходных качеств был проведен большой объем гидродинамических испытаний буксируемых и самоходных испытаний моделей в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова и в ЦАГИ им. Жуковского.

4. Совместно с ЦНИИ «Прометей» и ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова были разработаны сварные узлы соединений конструкций из стали и алюминийевых сплавов с помощью биметалла, что существенно повысило прочность и долговечность этих соединений по сравнению с клепаными соединениями. В дальнейшем эти узлы начали широко применять на всех проектах ЦМКБ и другими КБ-проектантами.

5. На головном катере пр. 1241-1 (зав. № 401) проводились межведомственные испытания комплекса радиотехнической обстановки и активных помех МП-405. По результатам испытаний комплекс был принят на вооружение и в дальнейшем установлен на всех катерах серии.

Кроме уже перечисленных работ, был также ряд менее значительных, а именно: для снижения тепловой заметности катера была предусмотрена подача забортной воды на верхний срез газоотвода двигателей полного хода на транце. Первоначально на двигателях полного хода ДС-77 фланец отбора мощности располагался, как на двигателях ДП-71, предназначенных для кораблей на воздушной подушке, со стороны воздухоприема, а газоотводы выводились по бортам в корму. Но при изменении конструкции турбины для ликвидации явления барботажа масла возник вопрос, что делать с газоотводом. Начальник – главный конструктор СПБ «Машпроект» В. И. Романов – предлагал вывести газоотво-

ды вверх, против чего категорически возражал Е. И. Юхнин, поскольку это значительно увеличивало уровень тепловой заметности. После длительного обсуждения этого вопроса СПБ «Машпроект» приняло решение о включении в комплект поставки ГТЗА специальной секции газоотвода, позволяющей развернуть его на 180° и тем самым сохранить принятое ранее решение.

На головном катере зав. № 401 проверялась для снижения тепловой заметности также возможность перекрытия на высоте около 1,5 м от среза кожуха трубы газоотводов маршевых двигателей профилированными горизонтальными пластинами, в которые подавалась забортная вода. Сами пластины могли поворачиваться вплоть до вертикального положения. Однако такая конструкция не нашла применения из-за сложности ее воплощения и использования. В дальнейшем в связи с переходом на ДГТУ необходимость в этом устройстве вообще отпала.

В ходе проектирования и строительства катеров пр. 1241-2 также выполнялся ряд опытно-конструкторских работ, в том числе, учитывая достаточно высокую скорость хода корабля – около 35 уз, проверка прочности обтекателя подкильной ГАС «Бронза», изготовленного из пластика. Для этой цели на Ярославском судостроительном заводе был изготовлен опытный отсек, представлявший собой часть корпуса в на-



РКА пр. 12411 с ЗАК «Палаш»

туральную величину с соответствующим комингсом, на котором был закреплен обтекатель. Вся эта конструкция сбрасывалась на воду с высоты 6 м и проверялась ее прочность и водотечность. Проведенные испытания подтвердили правильность расчетов и оптимальные параметры конструкции корпуса и обтекателя.

В период разработки конструкторской документации по пр. 1241 в целях снижения весовых показателей, трудоемкости постройки и улучшения интерьеров жилых помещений была проделана большая работа по использованию в качестве легких выгородок трехслойных пластиковых панелей, из которых в те времена изготавливалась судовая мебель на Ужгородском заводе судовой мебели. Были разработаны типовые узлы крепления панелей к корпусным конструкциям, узлы крепления мебели и др. Одним из инициаторов этой идеи был Б. С. Ракушин. Панели можно было заказывать разносторонними, так со стороны кубриков, тамбуров и кают они были светлых тонов, а в кают-компаниях, например, цвета темной вишни. К сожалению, эта идея была реализована только на головном катере зав. № 401. Эксплуатация катера в течение более 20 лет подтвердили жизнеспособность такого решения. Но из-за сложностей с организацией поставки таких панелей от этого хорошего начинания пришлось отказаться и вернуться к традиционной трудоемкой технологии, предусматривающей установку металлических выгородок, их изоляцию, зашивку и пр.

В соответствии с проектом декоративно-художественного оформления на катерах пр. 12411 в кают-компаниях предусматривалось размещение панно – картины размером 0,8×2,5 м. К созданию этих картин был привлечен ленинградский художник В. А. Баженов, который писал прекрасные пейзажи. Была разработана специальная технология, по которой картина наклеивалась на древесностружечную плиту, а затем под прессом заливалась полиэфирным лаком. Перед наклейкой и последующей заливкой картина разрезалась на две части, чтобы ее можно было загрузить в отсек через штатный люк, затем на месте обе части тщательно подгонялись по стыку на специальной планке, и стык заделывался. На головном катере был великолепный

пейзаж с речкой и заливным лугом. На всех пяти катерах, построенных на «СФ «Алмаз», и на 16 катерах, построенных на Средне-Невском заводе, кают-компания украшены пейзажами этого замечательного художника.

За работы по реализации системы малых кораблей и катеров коллектив конструкторов во главе с Е. И. Юхиным был удостоен премии правительства России, многие конструктора награждены высокими правительственными наградами.

В ходе проектирования, постройки и испытаний катеров пр. 1241 особо отличились сотрудники ЦМКБ «Алмаз»: Л. Л. Ермаш, В. П. Липиев, В. Г. Крылов, В. К. Горюнов, Б. С. Ракушин, В. П. Грюнталь, Л. П. Яшина, С. Г. Ермолаев, Л. А. Тедер, И. Ш. Бомштейн, М. Г. Шперлинг, Б. Г. Сиротин, Б. Н. Новосельский, Е. С. Иофа, В. П. Гуревич, О. Г. Майский, Ю. Н. Стуколкин, Б. С. Дзиобик, Ю. В. Бойцов, А. И. Родионов, С. А. Иванов, Н. И. Саввон, Л. А. Потемкин, В. А. Белинский, В. И. Финкель, О. Ю. Хаславский, А. М. Лазарев, Г. А. Федяков, Г. Н. Настай, Е. М. Зейгер, М. Д. Бройдо, М. Ф. Никитина, Б. В. Первачевский, В. А. Болдовский, Ю. Н. Исаев, Б. Н. Борейчук, В. Н. Курносов, Б. А. Цветков, Б. Д. Босенко, В. М. Морозов, Л. М. Буглай, О. М. Федоров, В. А. Киселев, Т. В. Тимофеева, Г. В. Кауфман, В. И. Портных, Л. Б. Каюков, А. Д. Кегелес, А. И. Самсонов, М. З. Фурман, Н. И. Турков, Г. З. Коробочко, Д. С. Тев, О. А. Захаров, В. С. Баранов, А. А. Пономарев.

Долгие годы главным наблюдающим от ВМФ был капитан 1 ранга Ю. М. Осипов, а затем В. И. Литовский.

Большой вклад в создание кораблей внесли и представители заказчика при ЦМКБ «Алмаз»: В. В. Дмитриев, В. П. Кузнецов, О. И. Гапанович, В. Г. Берзон, Б. А. Алдошин, В. Т. Кузьмин, Б. В. Чусов, С. А. Брагин, И. И. Постонен, Л. В. Смирнов, В. А. Архангельский и многие другие, в том числе и представители заказчика на заводах-строителях.

Вот уже 40 лет корабли семейства «Молния» успешно несут службу в составе трех флотов и Каспийской флотилии России и в составе ряда флотов иностранных государств, эффективно охраняя морские рубежи. Это подтверждает правильность технических решений, заложенных при их создании, а богатый опыт, накопленный при этом, находит отражение в новых проектах, разрабатываемых в АО «ЦМКБ «Алмаз». ■



РКА пр. 12411 постройки Хабаровского судостроительного завода

Георгий Николаевич Чернышёв родился 23 августа 1919 г. в г. Николаев (Украина).

Работать на производстве начал 15-летним юношей в фабричном заводском училище, затем в цеху Николаевского судостроительного завода.

Поступил в Николаевский кораблестроительный институт им. адм. С. О. Макарова, но началась Великая Отечественная война. Далее – служба в армии, продолжение учебы в Пржевальске (куда был эвакуирован Николаевский кораблестроительный институт). После окончания института по распределению направлен на работу в ЦКБ-18 (ныне ЦКБ МТ «Рубин»), который в то время дислоцировался в г. Горький (ныне Нижний Новгород). В ЦКБ-18 (с годовым перерывом, во время которого работал на заводах № 343 Минсудпрома в г. Гороховец) последовательно занимал должности конструктора 1-й категории, старшего конструктора. В 1947 г. был включен в группу специалистов ЦКБ, которую возглавлял А. А. Антипин для работы в г. Бланкенбург (Германия). Группа занималась воссозданием специальной энергетической установки, изобретенной немецким инженером Гельмутом Вальтером. Эта энергетическая установка использовалась немецкими судостроителями при постройке немецких подводных лодок XXVI серии. В 1947–1948 гг. находился в служебной командировке в Германии в составе группы А. А. Антипина.

В мае 1948 г. после завершения сбора материалов по воссозданию парогазовой турбинной установки был переведен во вновь созданное специальное конструкторское бюро № 143 (№ 143 – ныне СПМБМ «Малахит»).

Г. Н. Чернышёв участвовал на всех стадиях проектирования, строительства и швартовых испытаний создаваемой в то время ПЛ пр.617.

В сентябре 1952 г. в составе малочисленной группы специалистов СКБ-143 под руководством В. Н. Перегудова и под научным руководством академика АН СССР А. П. Александрова начал работать в Москве на территории ИАЭ над созданием отечественной атомной подводной лодки (АПЛ). Работа группы специалистов увенчалась успехом – была показана возможность создания ПЛ с использованием первой транспортной ядерной паропроизводящей энергетической установки водо-водяного типа, разработанной главным конструктором, членом-корреспондентом АН СССР Н. А. Доллежалем (проектант – НИКИЭТ). В этих работах Г. Н. Чернышёв проявил себя профессионалом высокого класса.

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА АО «СПМБМ «МАЛАХИТ» Г. Н. ЧЕРНЫШЁВА

*Р. А. Шмаков, вед. специалист по истории проектирования
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 388 1719*



Г.Н. Чернышёв

В апреле 1953 г. Совет Министров СССР принял решение о разработке эскизного проекта первой отечественной АПЛ пр.627, названной впоследствии (1962 г.) «Ленинский комсомол». В 1953–1956 гг. Г. Н. Чернышёв назначен заместителем начальника отдела главной механической установки АПЛ в реорганизованном СКБ-143.

Творческие способности, широкий кругозор и стремление к поискам нетрадиционных, нестандартных решений Г. Н. Чернышёва открыли путь к проектированию следующих АПЛ.

В ноябре 1956 г. Г. Н. Чернышёва назначают заместителем главного конструктора пр.639 (главный конструктор В. П. Фуников) АПЛ, вооруженной ракетами большой дальности (ракета Р-15), главного конструктора М. К. Янгеля.

В 1954 г. был успешно завершён эскизный проект, однако работа над ним была прекращена. В этом проекте были решены вопросы с переходом на переменный ток в силовой сети корабля, повышены параметры в системе ВВД, созданы новые высокопрочные стали с переходом на большие диаметры прочного корпуса и др.

По итогам конкурса СКБ-143 заняло первое место.

В соответствии с принятой в судостроении специализацией СКБ-143 было поручено проектирование проти-

володочной ПЛ пр. 671. Г. Н. Чернышёв был назначен главным конструктором проекта. Головная АПЛ пр. 671 вступила в строй в ноябре 1967 г. Трудно переоценить значение этого корабля в отечественном подводном кораблестроении. Был создан принципиально новый архитектурный тип одноальной АПЛ с осесимметричной формой корпуса, с оптимальным по пропульсивным качествам удлинением корабля и его обводов, с развитым крестообразным кормовым оперением, которое обеспечивает устойчивое движение на рекордной для того времени скоростью (около 34 уз).

В то же время с помощью рулей, работающих как закрылки кормовых стабилизаторов, удалось обеспечить кораблю исключительно высокую маневренность. Такой форме отвечают и осуществленные в проекте решения: переход на увеличение диаметра прочного корпуса и ставшие классическими компоновка современной гидроакустики с торпедным оружием в носовой оконечности и применение одноальной ГТЗА с автономным турбогенератором в одном отсеке.

Получению высоких ТТХ способствовала жесткая борьба за минимальное водоизмещение, что позволило в дальнейшем создавать модификации проекта на внутренних заводах страны.

Задуманная как противолодочная, подводная лодка превратилась в многоцелевую, а затем в процессе строительства появились ракеты, стартующие из торпедных аппаратов (комплексы «Вьюга», «Водопад», «Шквал», «Гранат» и «Калибр»).

За создание АПЛ пр.671 Г. Н. Чернышёву было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Через пять лет, в 1972 г., флоту был сдан головной корабль пр. 671РТ с увеличенным торпедным вооружением и установкой новых дальнеходных торпед и ракет 650-мм калибра («Ветер» и «Т-65»), блочной компоновкой ПТУ, со снижением шумности корабля. За эту работу Г. Н. Чернышёв был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Тогда же под руководством Г. Н. Чернышёва велись инициативные работы по дальнейшему развитию базового про-



Атомная подводная лодка пр. 671РТМ

екта и был предложен пр. 671РТМ. Головной корабль этого проекта был сдан флоту в 1977 г.

На ПЛ пр. 671РТМ были установлены головные образцы радиоэлектронного вооружения: гидроакустика (Скат КС), навигация («Медведица») и БИУС («Омнибус»), созданные конструкторами родственных организаций для кораблей «третьего поколения».

Также значительно снижена шумность ПЛ и учтен опыт эксплуатации пр. 671 и пр. 671РТ. Впервые появились неакустические средства вооружения ПЛ и высокоточное оружие для нанесения ударов по территориям вероятного противника.

Тактико-технические характеристики корабля этого проекта, названного «Щукой», были столь высоки, что корабли строили большой серией (26 ед.) на двух заводах: Адмиралтейском в Ленинграде и Ленинского комсомола в Комсомольске-на-Амуре. Последний корабль был сдан в 1992 г. За создание АПЛ пр. 671РТМ Г. Н. Чернышёв был награждён орденом Ленина. Подводные лодки пр. 671, 671РТ, 671РТМ (всего 48 ед.) стали безотказными «рабочими лошадками», которые всегда возвращались к своим берегам.

В 1974 г. Г. Н. Чернышёва назначают начальником и главным конструктором Союзного проектно-монтажного бюро машиностроения «Малахит», объединившего коллективы СКБ-143 (СПМБМ) и ЦКБ-16 (ЦПБ «Волна»). Надо отдать ему должное – он с «ювелирной точностью» сумел провести эту операцию, не обидев ни одного сотрудника этих коллективов, назначив на руководящие должности достойных грамотных специалистов-профессионалов.

Несмотря на сложности, связанные с объединением двух коллективов в единый, в бюро велась проработки по созданию АПЛ «третьего поколения». В 1976 г. был представлен сокращенный

эскизный пр. 971. Головная АПЛ пр. 971 прошла все положенные испытания и в 1984 г. была сдана ВМФ. В том же году Г. Н. Чернышёва назначают генеральным конструктором.

Строительство АПЛ пр. 971 разворачивается на двух заводах: в Комсомольске-на Амуре и в Северодвинске.

Освободившись от должности главного конструктора пр. 671, пр. 671РТ и пр. 671РТМ, Г. Н. Чернышёв сосредотачивает свои усилия на создании серии АПЛ пр. 971.

Преемником по пр. 671, пр. 671РТ и пр. 671РТМ по решению коллегии Министерства судостроительной промышленности с 1984 г. был назначен главный конструктор Р. А. Шмаков.

Пр. 971, как и пр. 671, занимает особое место в биографии Георгия Николаевича. Вновь создается «базовая» модель многоцелевой АПЛ с оптимальными характеристиками и большими модернизационными возможностями. Но главное – были достигнуты исключительно

низкие уровни акустического поля АПЛ и установлен новый значительно более эффективный гидроакустический комплекс.

Упорно и целеустремленно шел Г. Н. Чернышёв к достижению паритета с США во взаимном обнаружении АПЛ. Эту проблему он совместно с контрагентами, научными институтами и собственным коллективом успешно решил только при создании серии АПЛ пр. 971. Был завершён огромный труд, рассмотрены и внедрены предложения институтов и заказчиков, найдены и реализованы нетрадиционные технические решения. Уже на испытаниях головного корабля пр. 971 было достигнуто превосходство над подводными лодками типа «Los Angeles».

Так закончилась многолетняя исключительно трудная борьба за ликвидацию нашего отставания в важных характеристиках подводной лодки – ее скрытности, и вклад Г. Н. Чернышёва в решение этой проблемы невоз-



Академик А.П. Александров вручает Г.Н. Чернышёву медаль И.В. Курчатова. Слева – член-корреспондент Академии наук Н.С. Хлопкин, 1982 г.



Многоцелевая атомная подводная лодка пр. 971

можно переоценить. За этот проект Г. Н. Чернышёв был удостоен звания лауреата Государственной премии РФ.

Талант конструктора, помноженный на огромное трудолюбие, высокое чувство ответственности, способность внимательно и вдумчиво анализировать множество вариантов и выбирать нужный определили успех развития АПЛ из противолодочных, с их торпедным вооружением, в многоцелевые с торпедно-ракетным вооружением и высокими тактико-техническими характеристиками.

Как дирижер огромного оркестра из различных инструментов создает яркое и гармоничное звучание произведения,

так и Г. Н. Чернышёв создавал свои произведения – стремительные, красивые, элегантные корабли.

Он был терпим к оппонентам, обладал чувством юмора. За 45 лет ему часто приходилось доказывать свою правоту, спорить, настаивать и уговаривать, и чаще всего он добивался нужного решения.

В нем жило вечное стремление повысить эффективность своих кораблей не только в ходе проектирования, но и в процессе строительства. Так было с образцами торпедно-ракетного оружия, с акустическими и неакустическими средствами обнаружения. Так было с его многоцелевыми пр. 671 РТМ и пр. 971. Они родились «вне плана», из инициативных предложений главного конструктора.

Были смелые решения, но не было ошибок. Г. Н. Чернышёв как разумный, рассудительный человек понимал, что флоту нужны не только эффективные, но и надежные корабли. Он с большим уважением относился к морякам-подводникам, ценил их опыт и знания, был внимателен к предложениям флота.

Скончался Г. Н. Чернышёв в 1997 г. Похоронили его на Волковском кладбище.

В память о нем на фасаде здания СПМБМ «Малахит» в 1998 г. установлена мемориальная доска. Его именем названо судно измерения физических полей Северного флота. В здании бюро установлен памятный стенд, посвященный его деятельности.

В последние годы своей деятельности он много внимания уделял развитию научно-технического потенциала бюро, созданию АПЛ многоцелевого назначения. Беспокоило его и сохранение в создавшейся тяжелой экономической обстановке этого класса кораблей в составе ВМФ.

Будем надеяться, что угроза безопасности, а она, безусловно, существует, заставит обратить самое серьезное внимание на развитие этого класса кораблей.

Г. Н. Чернышёв – лауреат Государственных премий СССР и РФ (1977, 1996). Награжден двумя орденами Ленина, орденом Октябрьской революции, Трудового Красного Знамени, Отечественной войны 2-й степени и многими медалями. Доктор технических наук, заслуженный конструктор РФ, Почетный академик Санкт-Петербургской инженерной академии. ■



Г.Н. Чернышёв среди генеральных конструкторов и руководителей судостроительной отрасли, Северодвинск, 7 мая 1986 г.

Анная статья представляет собой продолжение исследования несущей способности иллюминаторов высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска с использованием обжимной шайбы (рис. 1) [3].

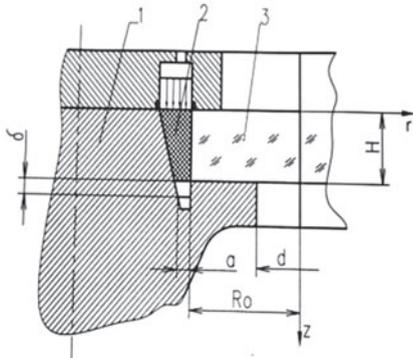


Рис. 1. Схема иллюминатора

Рассмотрим подробно влияние конструктивных и технологических параметров обжимной шайбы на величину ее осевого смещения и характер передаваемых усилий на боковую поверхность стеклоэлемента. Далее по тексту используются обозначения работы [1], где изложено решение задачи для обжимной шайбы из уравнений равновесия трехмерной осесимметричной задачи теории упругости при следующих допущениях: распределение напряжений $\sigma(z)$ определяется уравнением

$$\sigma_z = -q \times (1 - \frac{z}{H}). \quad (1)$$

Так как шайба проскальзывает в коническую полость между стеклоэлементом и обжимкой, то при $r = R_0$

$$\tau_{rz} = 0. \quad (2)$$

Радиальное перемещение обжимной шайбы u_r можно определить из уравнения

$$r^2 \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + r \times \frac{\partial u_r}{\partial r} - u_r = 0. \quad (3)$$

Уравнение Эйлера имеет вид [2]

$$x^2 \times \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + x \times \frac{\partial y}{\partial x} + ay = 0, \quad (4)$$

где $a = -v^2 \angle 0$ и имеет решение

$$u_r = C_1(z) \times r + C_2(z) \times \frac{1}{r}. \quad (5)$$

Граничные условия имеют вид

$$\begin{aligned} u_r(R_0) &= \Delta; \\ u_r(R_0 + a + (H - z) \times \text{tg}(\alpha/2)) &= \\ &= -\delta \times \text{tg}(\alpha/2). \end{aligned} \quad (6)$$

Подставим (5) в (6) и решим полученную систему уравнений относительно $C_1(z), C_2(z)$.

Получим решение, связывающее метрические и технологические параметры:

$$C_1(z) = \frac{\Delta}{R_0} \frac{r(z) \times [\delta \times \text{tg}(\alpha/2) + \Delta \times \frac{r(z)}{R_0}]}{r^2(z) - R_0^2}; \quad (7)$$

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ОБЖИМНОЙ ШАЙБЫ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В.П. Ляйзберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник науч. группы МАИ (национального исследовательского университета),
Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
А.А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф., зам. ген. директора,
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
контакт. тел. (812)746 9852

$$C_2(z) = \frac{R_0^2 \times r(z) \times (\delta \times \text{tg} \frac{\alpha}{2} + \Delta \times \frac{r(z)}{R_0})}{r^2(z) - R_0^2}. \quad (8)$$

На основании полученных значений (7) и (8) определяются соотношения для перемещений, деформаций и напряжений. В результате осевого проскальзывания обжимной шайбой на величину δ накопленная потенциальная энергия $U = 0,5 \times \int (\epsilon_r \times \sigma_r + \epsilon_z \times \sigma_z) \partial V$ (9) равна работе A , совершаемой под воздействием гидростатического давления q :

$$\begin{aligned} A &= 0,5 \times F \times \delta = 0,5 \times \delta \times q \times \pi \times \\ &\times \{(R_0 + a + H \times \text{tg} \frac{\alpha}{2})^2 - R_0^2\}. \end{aligned} \quad (10)$$

В результате преобразования уравнения $A = U$ получим итоговое соотношение, связывающее геометрические, технологические параметры и приложенное гидростатическое давление. Уравнение имеет вид

$$A \times \Delta^2 + B \times \Delta \times \delta + C \times \delta^2 = D \times \delta. \quad (11)$$

Величины A, B, C, D – функции указанных выше параметров. Задавая одну из величин δ или Δ , получаем квадратное уравнение относительно другой. Проведен анализ решения данного уравнения. Результаты можно разделить на две группы:

- при положительном значении Δ (натяге);
- при наличии малого первоначального зазора между цилиндрической поверхностью стеклоэлемента и обжимной шайбы.

В первом случае решение уравнения (11) при любом значении q – действительные числа. Физический смысл имеет одно из значений δ . Зависимость $\delta(q)$ близка к линейной при любом сочетании геометрических и технологических параметров.

Во втором случае решение может иметь комплексное значение при определенных сочетаниях величины первоначального зазора Δ , геометрических параметров и гидростатического давления q . Чем больше по абсолютной величине Δ , тем выше значение q_1 , ниже

которого решение уравнения (11) имеет комплексный корень. При величине гидростатического давления больше q_1 решением данного уравнения являются действительные числа. Физический смысл имеет также одно из значений δ . По-видимому, такой характер решения соответствует неполному прилеганию боковой цилиндрической поверхности обжимной шайбы и стеклоэлемента.

Используемый алгоритм вычисления коэффициентов A, B, C, D уравнения (11) позволяет определить влияние малых отклонений параметров на передаваемые через боковую поверхность шайбы на стеклоэлемент радиальных усилий и величину ее осевого смещения δ . Передаются сжимающие усилия, увеличивающиеся по мере приближения к опорной контактной поверхности и по величине больше приложенного гидростатического давления q . Отношение β максимального сжимающего напряжения, действующего на боковую поверхность ($z = H$) и вблизи поверхности приложенного гидростатического давления ($z = 0$), и значение δ обжимной шайбы в первом приближении могут быть величинами, оценивающими точность выбора параметров: Δ , минимальной толщины обжимной шайбы – a , ее модуля упругости E и угла конусности α . Чем больше β и меньше при этом δ , тем лучше подобраны значения параметров. Проведены вычисления этих величин при изменении одного из указанных параметров в пределах возможных отклонений для конкретных конструкций и сочетаний возможных комбинаций одновременного их изменения.

Отметим следующие основные выводы: зависимость $\delta(q)$ является линейной функцией, а $\beta(q)$ нелинейная при любой возможной комбинации a, E, Δ, α . При первоначальном зазоре $\beta(q)$ изменяется в более широком пределе значений, чем в случае натяга. Наиболее эффективным методом уменьшения осевого перемещения δ при сохранении прочих конструктивных параметров является увеличение модуля упругости E , например, при замене материала обжим-

ной шайбы, выполненной из полиэтилена, на органическое стекло. Для данного материала одновременно уменьшить δ и увеличить значение β возможно или уменьшением минимальной толщины a или увеличением угла конусности α . Наиболее эффективно одновременное изменение этих параметров.

Проиллюстрируем выводы на конкретном примере. Рассмотрим обжимную шайбу с размерами: внутренним радиусом $0,135$ м, минимальной толщины $a = 0,005$ м, высотой $H = 0,07$ м, углом конусности $\alpha = 19^\circ$. Параметры были выбраны по конструктивным соображениям. При использовании полиэтилена низкого давления и высокой плотности с модулем упругости $E = 950$ МПа и зазором $\Delta = 0,000001$ м под воздействием гидростатического давления 20 МПа осевое смещение δ в первоначальный момент составит $0,005852$ м и $\beta = 2,791$. Для шайбы из органического стекла с $E = 2900$ МПа и теми же геометрическими и технологическими параметрами $\delta = 0,001843$ м, $\beta = 2,771$. Если использовать шайбу с $a = 0,004$ м и углом конусности $\alpha = 24^\circ$ и теми же остальными параметрами, то $\beta = 3,967$ и $\delta = 0,001766$ м. Для такой шайбы, выполненной из полиэтилена, $\delta = 0,005563$ и $\beta = 3,989$.

Таким образом, малые изменения двух параметров одновременно приводят к значительным положительным результатам при любом материале шайбы. При натяге тенденция влияния указанных параметров на величины δ и β сохраняется. Например, для шайбы с указанными выше первоначальными геометрическими параметрам, величине давления $q = 20$ МПа и $\Delta = 0,003$ мм, выполненной из органического стекла с модулем упругости $E = 2900$ МПа, $\delta = 0,00281$ м и $\beta = 2,873$. Если изменить только величину угла конусности α на 3° ($\alpha = 22^\circ$), то $\delta = 0,00271$ м и $\beta = 3,197$. С тем же углом конусности $\alpha = 19^\circ$, но минимальной толщиной $a = 0,004$ м $\delta = 0,00236$ м, а $\beta = 3,398$. Если одновременно $\alpha = 22^\circ$ и $a = 0,004$ м, то $\delta = 0,002141$ м, $\beta = 3,804$. Заметим, что с увеличением α время возврата шайбы в первоначальное положение также уменьшается [4].

Следует отметить, что при любой комбинации выбранных параметров прежде всего необходимо обеспечить осесимметричную передачу нагрузки на боковую поверхность стеклоэлемента. Чем больше отклонение от осесимметричной формы, тем ниже надежность и разрушающее давление. Особенно это важно при использовании

светопрозрачного элемента из неорганического стекла. Данное условие гарантируется точностью изготовления сопрягаемых элементов и технологией сборки иллюминатора. Например, при первоначальном натяге шайбы применяется технология, изложенная в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров Н. М., Лянзберг В. П. Определение параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления // Морской вестник. – 2018. – № 3(67). – С. 48–49.
2. Вихров Н. М., Шнуренко А. А., Лянзберг В. П. Основные особенности конструкции, технологии изготовления и экспериментальных исследований иллюминаторов высокого давления с применением обжимных шайб // Морской вестник. – 2016. – № 1(57). – С. 51–52.
3. Лянзберг В. П., Шалашин В. И. Иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска из неорганического стекла // Вестник МАИ. – 2002. – Т. 9. – С. 51–56.
4. Лянзберг В. П. Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления // Вестник МАИ. – 2003. – Т. 10. – С. 71–79. ■

Существующие теоретические взгляды на экономическую безопасность предприятий с точки зрения авторов не полностью освещают данную проблематику, чем резко снижают эффективность практической деятельности по ее обеспечению. Как это ни странно, в официальных документах РФ отсутствует понятие «экономическая безопасность предприятия». В нормативно-правовых документах (далее – НПД) представлены следующие определения:

безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов общества и государства от внутренних и внешних угроз [1, ст. 1];

жизненно важные интересы – совокупность потребностей, удовлетворение которых надежно обеспечивает существование и возможности прогрессивного развития общества и государства [1, ст. 1];

угроза безопасности – совокупность условий и факторов, создающих опасность жизненно важным интересам общества и государства [1, ст. 3].

Однако закон [1] был отменен и в место него введен федеральный закон [2], в котором данные понятия уже отсутствуют, а определено только содержание деятельности по обеспечению безопасности, которая включает

- прогнозирование, выявление, анализ и оценку угроз безопасности;

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБОРОННЫЙ ЗАКАЗ

А.А. Бурькин, канд. воен. наук, доцент,

М.И. Краморенко, преподаватель,

ВУНЦ ВМФ «ВМА»,

контакт. тел. +7 (921) 930 6289, +7(931) 257 7504

- разработку и применение комплекса оперативных и долговременных мер по выявлению, предупреждению и устранению угроз безопасности, локализации и нейтрализации последствий их проявления;

- применение специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности.

К специальным экономическим мерам относятся запрет на совершение действий в отношении иностранного государства и (или) иностранных организаций и граждан, а также лиц без гражданства, постоянно проживающих на территории иностранного государства, и (или) возложение обязанности

совершения указанных действий и иные ограничения [3, ст. 3].

Стратегия экономической безопасности РФ 2017 г. носит ярко выраженный инновационный характер относительно используемого правового тезауруса. В ней введены следующее понятия:

- *экономическая безопасность* – состояние защищенности национальной экономики от внешних и внутренних угроз, при котором обеспечиваются экономический суверенитет страны, единство ее экономического пространства, условия для реализации стратегических национальных приоритетов РФ [4, п. 1, ст. 7];
- *угроза экономической безопасности* –

совокупность условий и факторов, создающих прямую или косвенную возможность нанесения ущерба национальным интересам РФ в экономической сфере [4, п. 4, ст. 7];

- *вызовы экономической безопасности* – совокупность факторов, способных при определенных условиях привести к возникновению угрозы экономической безопасности [4, п. 5, ст. 7];
- *риск в области экономической безопасности* – возможность нанесения ущерба национальным интересам РФ в экономической сфере в связи с реализацией угрозы экономической безопасности [4, п. 6, ст. 7];
- *обеспечение экономической безопасности* – реализация органами государственной власти, органами местного самоуправления и Центрального банка РФ во взаимодействии с институтами гражданского общества комплекса политических, организационных, социально-экономических, информационных, правовых и иных мер, направленных на противодействие вызовам и угрозам экономической безопасности и защиту национальных интересов РФ в экономической сфере [4, п. 7, ст. 7].

В соответствии с Указом Президента РФ [4] Правительство РФ приступило к разработке федеральной системы управления рисками экономической безопасности под эгидой Министерства экономического развития. Поэтому, по мнению авторов, важным аспектом обеспечения национальной экономической безопасности является создание на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (далее – ОПК) системы экономической безопасности в рамках стратегического управления, которая стала бы ее ключевым компонентом.

Из анализа НПД и соответствующей литературы [5–13] в целом можно выделить два подхода к определению безопасности. Первый базируется на использовании понятия угрозы. Второй подход, избегая употребления понятия угрозы в определении безопасности, базируется на экономических понятиях функционирования общества и государства.

В узком смысле под *обществом* понимается исторически конкретный тип социальной системы, определенная форма социальных отношений [14], а под *предприятием*, являющимся в определенном смысле частью общества, понимается объект экономических и социальных отношений. Как объект прав предприятие – это имущественный комплекс, используемый для осуществления предпринимательской деятельности [15]. В силу хотя бы этих рассуждений авторы находят, что второй подход к определению безопасности предприятия

более правильный с экономической точки зрения.

Поэтому под *экономической безопасностью предприятий, выполняющих государственный оборонный заказ*, будем понимать поддержание режима эффективного функционирования предприятий отрасли, направленных на выполнение гособоронзаказа и адаптации к новым условиям развития посредством защиты научно-технического, технологического, производственного и кадрового потенциала от активных или пассивных внешних и внутренних угроз.

Вот почему оценка эффективности системы экономической безопасности предприятий, выполняющих ГОЗ (далее – ЭБП), – актуальны и один из наиболее сложных и важных вопросов в управлении.

Традиционный подход к оценке ЭБП основан на определении уровня экономической безопасности – характеристики жизнеспособности предприятия по показателям его деятельности. Именно фактические показатели деятельности предприятия обладают самым высоким уровнем достоверности, ибо они отображают реальное положение дел и результатов. Оценка ЭБП заключается в сравнении фактически полученных результатов с пороговыми (критическими) значениями показателей деятельности предприятия. Если фактические значения показателей не выходят за рамки пороговых значений, то это означает, что предприятие находится в зоне экономической безопасности. Если же фактические значения показателей выходят за пределы пороговых значений, то предприятие находится в опасной зоне.

При этом считается, что основной критерий экономической безопасности предприятия находится в плоскости его финансового состояния, так как оптимизация последнего – одно из основных условий его успешного развития [16]. Большинство исследователей считают, что при определении показателей финансового состояния предприятия необходимо применять индикаторный метод [17]. Другие предлагают для оценки уровня экономической безопасности в разрезе его финансового состояния использовать метод *credit-men*, разработанный Ж. Депаля [18]. Данный метод позволяет заранее выявить возможный уровень финансовой нестабильности предприятия по пяти показателям: коэффициент быстрой ликвидности, коэффициент кредитоспособности, коэффициент иммобилизации собственного капитала, коэффициент оборачиваемости запасов, коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности.

Некоторые авторы предлагают проводить интегральную оценку экономической безопасности предприятия по

совокупному критерию, рассчитываемому на основе метода экспертных оценок [19]:

$$СКЭБ = \sum K_i \cdot d_i, \quad (1)$$

где СКЭБ – совокупный критерий экономической безопасности; K_i – значение частных функциональных критериев экономической безопасности; d_i – удельные веса значимости функциональных составляющих экономической безопасности; i – количество функциональных составляющих экономической безопасности.

Частные функциональные критерии ЭБП по каждой из его составляющих рассчитываются на основе оценки ущербов экономической безопасности и эффективности мер по их предотвращению.

Г. А. Скачко и Л. К. Никандрова считают, что из-за субъективности оценок экспертов и сложности отбора функциональных критериев данный метод практически неприменим, и в качестве оценки экономической безопасности предприятия предлагают использовать один обобщающий показатель – «коэффициент экономической безопасности», т.е. отношение суммы налога на прибыль, уплаченного в бюджет, к сумме прибыли, оставшейся в распоряжении организации после уплаты налога, или чистой прибыли [19]:

$$K_{эб} = \frac{НП}{ЧП}, \quad (2)$$

где $K_{эб}$ – коэффициент экономической безопасности; НП – сумма налога на прибыль, уплаченного в бюджет; ЧП – сумма прибыли, оставшейся в распоряжении организации.

Рост величины $K_{эб}$ отражает ухудшение финансового положения организации из-за повышения суммы налога в результате корректировки в сторону повышения налоговой базы в налоговом учете, а это приведет к снижению уровня ЭБП. При этом снижение значения $K_{эб}$ означает повышение уровня ЭБП, так как это свидетельствует об увеличении доли чистой прибыли, оставшейся в распоряжении предприятия. Пороговое значение этого показателя зависит от ставки налога на прибыль, действующей в определенном периоде.

Однако сами авторы сомневаются в применимости данного показателя ввиду того, что представить такую ситуацию на практике достаточно сложно, так как ситуаций, приводящих к снижению налоговой базы по сравнению с налогооблагаемой прибылью, исчисленной по данным бухгалтерского учета, значительно меньше.

Применение положений менеджмента качества, теории управления рисками и экономического анализа позволяет рассмотреть оценку эффективности системы ЭБП ОПК на основе учёта эконо-

мических последствий управленческих решений от его функционирования при помощи сравнения достигнутого экономического эффекта с базовым экономическим эффектом.

Экономический эффект безопасности предприятия – это результат улучшения деятельности предприятия, выраженный в денежной форме и реализованный путем внедрения в организации системы ЭБП и эффективных методов управления.

В самом общем случае экономический эффект безопасности предприятия равен разности между результатом экономической его деятельности до внедрения системы ЭБП ОПК и после ее реализации с учетом предотвращенного ущерба:

$$\mathcal{E} = Y + \Delta\mathcal{E}, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект системы ЭБП; Y – годовой предотвращенный неэкономический ущерб от функционирования системы ЭБП; $\Delta\mathcal{E}$ – приращение годового экономического эффекта от внедрения и функционирования системы ЭБП:

$$\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_{\text{баз}} \quad (4)$$

где \mathcal{E}_n – годовой экономический эффект как результат его экономической деятельности после внедрения системы ЭБП; $\mathcal{E}_{\text{баз}}$ – базовый годовой экономического эффекта как результат его экономической деятельности до внедрения системы ЭБП.

Тогда уровень качества функционирования системы ЭБП можно вычислить по формуле

$$y_{\text{сэб}}^k = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\text{баз}}}. \quad (5)$$

Под *эффективностью* понимается соотношение между достигнутым результатом (эффектом) и использованными ресурсами [20].

Под *ресурсами* будем понимать суммарные затраты на формирование, внедрение и функционирование системы ЭБП:

$$\sum Z = Z_{\text{сэб}}^{\text{ф}} + Z_{\text{сэб}}^{\text{в}} + Z_{\text{сэб}}^{\text{а}}, \quad (6)$$

где $\sum Z$ – суммарные затраты на формирование, внедрение и деятельность системы ЭБП; $Z_{\text{сэб}}^{\text{ф}}$ – затраты на формирование системы ЭБП; $Z_{\text{сэб}}^{\text{в}}$ – затраты на внедрение системы ЭБП; $Z_{\text{сэб}}^{\text{а}}$ – затраты на функционирование системы ЭБП.

Затраты на функционирование системы ЭБП можно сгруппировать в два класса:

$$Z_{\text{сэб}}^{\text{а}} = \sum Z_{\text{гоз}} + \sum Z_{\text{у}}, \quad (7)$$

где $\sum Z_{\text{гоз}}$ – затраты, направленные на поддержания режима эффективно функционирования предприятия по выполнению гособоронзаказа и адаптации к новым условиям развития; $\sum Z_{\text{у}}$ – затраты, направленные на снижение ущерба от внешних и внутренних угроз.

В таком случае эффективность системы экономической безопасности можно вычислить по формуле

$$\mathcal{E}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{\sum Z}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}\mathcal{E}$ – годовая эффективность системы ЭБП.

Тогда интегральный экономический показатель рентабельности функционирования системы ЭБП, направленный на выполнение гособоронзаказа и адаптацию к новым условиям развития, можно вычислить так:

$$\mathcal{E}_{\text{инт}}^1 = \frac{\Delta\mathcal{E}}{\sum C_{\text{гоз}}}, \quad (9)$$

а аналогичный показатель, интегрально характеризующий рентабельность функционирования системы экономической безопасности, направленный на снижения ущерба от внешних и внутренних угроз, по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{инт}}^2 = \frac{Y}{\sum Z_{\text{у}}}. \quad (10)$$

Таким образом, проблема обеспечения ЭБП предприятий, выполняющих ГОЗ, требует системного подхода, повышения эффективности управления и является многоаспектной задачей. Оценка эффективности экономической безопасности таких предприятий состоит в формализованной оценке приращения экономического эффекта предприятия от внедрения и функционирования системы экономической безопасности и определения ущерба от возможных угроз, позволяющей обосновать уровень необходимых затрат и оценить эффективность мероприятий по улучшению ее работы, а также превентивных мероприятий по предупреждению и снижению риска наступления нежелательного события, влекущего ущерб в отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон РФ от 05.03.1992 № 2446-1 «О безопасности». – СПб.: КонсультантПлюс, 1992.
2. Федеральный закон РФ от 28.12.2010 (ред. 05.10.2015) № 390 «О безопасности». – СПб.: КонсультантПлюс, 2010.
3. Федеральный Закон РФ от 30.12.2006

№ 281-ФЗ «О специальных экономических мерах». – СПб.: КонсультантПлюс, 2006.

4. Стратегия экономической безопасности РФ на период до 2030 года. Утвер. Указом Президента РФ от 13.05.2017 № 208. – СПб.: КонсультантПлюс, 2017.
5. Гапоненко В. Ф., Бесталько А. Л., Власков С. А. Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы. – М.: Ось-89, 2007. – 208 с.
6. Абалкин Л. И. Экономическая безопасность России // Вестник РАН. – М., 1997.
7. Глазьев С. Ю. Основы обеспечения экономической безопасности страны – реформационный курс // Российский экономический журнал. – 1997. – № 1.
8. Сенчагов В. К. Экономическая безопасность: геополитика, глобализация, самосохранение и развитие. – М.: Финстатинформ, 2002.
9. Крылов А. А. и др. Экономическая безопасность: теоретические и практические аспекты деятельности ОВД: Учеб. пособие. – М., 2002.
10. Грушин О. А., Грушин С. О. Экономическая безопасность организации: Учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2002.
11. Гусев В. С. и др. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов. – СПб.: Очарованный странник, 2001.
12. Матисис Н. В. Экономическая безопасность предприятия: диссертация на присвоение звания канд. экон. наук. – М., 1999.
13. Яркин В. И. Система безопасности фирмы. – М.: Ось-89, 1997.
14. Современный толковый словарь. – М.: БСЭ, 1997.
15. Гражданский Кодекс Российской Федерации. – Ч. 1 от 30.11.1994 г. № 51-ФЗ. Ч. 2 от 26.01.1996. № 14-ФЗ. Ч. 3 от 26.11.2001. № 146-ФЗ, Ст. 132. – СПб.: КонсультантПлюс.
16. Бурьякин А. Д., Наседкин А. Л. Финансовый анализ предприятия – основа его экономической безопасности // Бухгалтерский учет. – 2000. – № 10.
17. Сафуанов Р. М., Мухамадиева Э. Ф. Методический инструментальный моделирования сбалансированности ресурсной и функциональной компонент системы обязательного социального страхования // Экономика и управление. – 2008. – № 6.
18. Карачурина Р. Ф., Вакушина А. А. Методология формирования стратегии повышения финансового потенциала экономических субъектов на российском рынке // В мире научных открытий. – 2013. – № 8.1 (44).
19. Скачко Г. А., Никандрова Л. К. Роль анализа финансовой деятельности в оценке экономической безопасности предприятия // Аудиторские ведомости. – 2016. – № 7.
20. ГОСТ ISO 9000–2011. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. ■

Проект реализуется в рамках исполнения Распоряжения Президента Российской Федерации от 18 мая 2017 г. № 163-рп «Об утверждении плана перехода на использование отечественных геоинформационных технологий».

Цель статьи – оценка эффективности внедрения трехмерной геоинформационной системы на предприятии.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть назначение системы и ее функциональные возможности;
- разделить структуру на подсистемы;
- описать минимальные технические характеристики;
- проанализировать положение системы на данный момент;
- провести оценку эффективности проекта;
- оценить потенциальные сценарии развития системы.

Для исследования был выбран проект «Трехмерная геоинформационная система АО «Адмиралтейские верфи» (далее – «ГИС АВ», система), который представляет реалистичное отображение трехмерной сцены завода с привязкой к географическим координатам. Данная система предназначена для автоматизации процессов учета, анализа и управления информацией по объектам недвижимости, производственному оборудованию, общинженерным коммуникациям и иным материальным активам предприятия.

Основными пользователями системы являются технологи, специалисты инженерного центра, механики и энергетики.

Для удобства работы с «ГИС АВ» были разработаны модули с определенными функциональными возможностями:

- «Слои» – модуль, в котором отображается все содержимое видового экрана с возможностью включения/выключения видимости объектов;

- «Навигация» – позволяет вести поиск объектов на карте (по инвентарному номеру, наименованию и другим параметрам) и выводить по ним информацию с возможностью выполнения единичных и групповых операций;
- «Активы» – просмотр реестра активов предприятия в разрезе кодов ОКОФ с возможностью выгрузки в формате *.xlsx;
- «Аналитика» – предназначен для анализа планово-предупредительных работ основного технологического оборудования Общества;
- модуль «Взрыво-и пожаробезопасность» предназначен для отображения информации по категориям взрыво-и пожаробезопасности помещений;

ВНЕДРЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ НА ПРИМЕРЕ АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

А.О. Кулакова, инженер 2 -й категории,
Д.В. Осипова, инженер-технолог,
АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 714 8789, 714 8741

- «Схема соединения оборудования» – анализ и просмотр электросетевой инфраструктуры Общества;
- «Выбор даты просмотра» – просмотр объектов основных фондов Общества на определенную дату;
- «ТОиР» – просмотр и корректировка информации о техническом обслуживании и ремонте оборудования;
- модуль «Расположение служб» предназначен для поиска местоположения сотрудников подразделений на интерактивной карте;
- «Материальные потоки» – модуль предназначен для визуализации материальных потоков Общества;
- «Экспорт в DWG» – выгрузка поэтажных планов зданий и оборудования с экспликацией в формате *.dwg;
- модуль «АСУ ТП» отображает события, связанные с работой станков с ЧПУ;
- «Логистика» – предназначен для планирования способа доставки груза с возможностью построения маршрута по суше или воде;
- «Строящиеся заказы» – просмотр информации по строящимся заказам на диаграмме;
- реализована возможность просмотра экологической ситуации Общества на

видовом экране – слой «Источники загрязнения» с формированием диаграммы по типам выбросов и классификацией по массе загрязнений.

ГИС АВ подразделяется на следующие структурные подсистемы:

- клиентская часть формирует 3D-представление совокупности объектов управления;
- сервер приложений связан с Клиентской частью через http (s) протокол и отвечает за взаимодействие с ИИС «Адмирал» (путем осуществления вызовов с СУБД Oracle через OleDb драйвер), АСУ ТП и Windchill;
- сервер приложений взаимодействует с файловым хранилищем через доступ к файловой системе. Файловое хранилище предназначено для персистентного хранения документов в электронном виде. Оно упорядочено в зависимости от класса объектов управления и идентификатора (инвентарного номера).

Для корректной работы Системы необходимо обеспечение требований, приведенных в табл. 1.

В целях проверки работоспособности функционала «ГИС АВ» в реальных условиях была проведена опытная экс-

Таблица 1

Минимальные системные требования

	Требование к серверной части	Требование к клиентской части
Программное обеспечение		
Операционная система	Windows 2012, Windows 2008 R2, x64, RUS/ENG	Windows 7 x64 (Windows 8.1, Windows 10) RUS/ENG
Драйверы БД	Для Oracle Database 11g/12g	–
Компоненты операционной системы		
CLR	node.js 6.9	.net framework 4.5.1 x64
Технические характеристики		
CPU	≥ 4 Core @ 2.4ГГц	
RAM	≥ 12 Gb	
DISK	≥ 300Gb, ≥ 1000IOPS	≥ 120Gb, ≥ 1000IOPS
LAN (Между клиентской и серверной машиной)	≥ 1000Mb/s, latency ≤ 10ms	

Оценка сценариев развития проекта

Содержание сценария	Вес
Сценарий 1. Поддержание системы на текущем уровне Данный сценарий не предполагает усовершенствования системы по части ведения учета материальных активов, но позволит отслеживать те материальные активы, которые уже включены в систему и использовать разработанные базы.	0,28
Сценарий 2. Развитие проекта, включение в систему более мелких элементов Сценарий предполагает включение в систему материальных объектов более мелких уровней, что позволит в еще большей степени автоматизировать процесс управления материальными активами и приблизиться к созданию цифрового двойника предприятия.	0,33
Сценарий 3. Сужение системы до более крупных материальных объектов Сценарий предполагает абстрагирование от мелких материальных объектов и сосредоточение на крупных объектах строительства, что значительно упростит интерфейс системы и облегчит процесс ее понимания рядовыми пользователями.	0,13
Сценарий 4. Реализация смежного проекта с акцентом на объекты инженерной системы коммуникации Сценарий предполагает выделение из текущего проекта второго проекта, направленного на отслеживание положения и состояния объектов инженерной коммуникации. Данный вариант позволит в большей степени отслеживать состояние объектов и повысит безопасность работы на предприятии.	0,26

плуатация, которая подразделялась на следующие этапы:

- 1) создание учетных записей;
- 2) инструктаж пользователей;
- 3) тестирование системы;
- 4) сбор замечаний и предложений по улучшению;
- 5) доработка системы.

Главной проблемой, с которой столкнулись пользователи, было несоответствие персональных компьютеров (ПК) минимальным техническим характеристикам, вследствие чего загрузка клиентской части происходила медленно, а работа модулей была осложнена. Для ее решения каждому участнику опытной эксплуатации были подключены виртуальные машины, которые позволяют увеличить производительность компьютера.

Большинство пользователей отозвалось положительно о работе с интерфейсом: общение построено логично, интуитивно понятно. Все замечания и предложения по улучшению системы были учтены и приняты в работу. На данный момент опытная эксплуатация полностью завершена, происходит актуализация и наполнение данными модулей, последовательный переход к промышленной эксплуатации.

Срок реализации проекта составляет 6 лет (2014–2019 гг.). Финансирование осуществляется за счет собственных средств.

Ставка дисконтирования, рассчитанная по методу CAPM, составляет 14,48%.

После проведения ряда расчетов были определены основные показатели эффективности реализации проекта [4]:

1. Стартовые инвестиции в проект, согласно расчетам, полностью покрывались в 2016 г. Таким образом, срок окупаемости проекта составил 3 года.

2. После расчетов дисконтированных денежных потоков был рассчитан дисконтированный срок окупаемости, он составил 4 года.

3. $NPV = 35\,235\,605,68$ руб. Положительный NPV позволяет говорить об эффективности проекта. При этом в целевом проекте можно заработать почти на 35 млн. руб. больше, чем в альтернативном, что является высоким показателем.

4) $PI = 1,61$. $PI > 1$, следовательно, проект эффективен. Инвестиции рентабельны, на каждый рубль вложенных средств приходится 1,61 руб. отдачи. Доходность превышает инвестиции более чем в 1,5 раза.

5) $IRR = 31,19\%$. $IRR > i$, что позволяет сделать вывод об имеющемся запасе финансовой прочности и эффективности реализации проекта; $31,19\% > 14,48\%$, т.е. более чем в 2 раза, что говорит о надежности вложения средств в целевой проект.

Таким образом, по всем ключевым показателям проект эффективен и может быть рекомендован к реализации.

На данный момент проект находится в работе и не является завершенным. Заключен ряд дополнительных договоров и соглашений на доработку системы, вследствие выполнения которых улучшится интерфейс ГИС, появится возможность полнее отслеживать материальные активы предприятия.

Существует несколько альтернативных сценариев развития проекта. Для обоснования выбора оптимального сценария с точки зрения основной цели раз-

вития ГИС – повышения конкурентоспособности предприятия – использован метод анализа иерархий [2]. После проведения ряда расчетов были вычислены итоговые веса сценариев, представленные в табл. 2.

Лучшим сценарием для достижения цели проекта является сценарий 2, менее успешную реализацию цели обеспечивает сценарий 1, сценарий 3 – худшим для реализации цели проекта.

Таким образом, для повышения конкурентоспособности предприятия рекомендуется осуществить развитие проекта до более мелких элементов системы.

На данный момент начат новый этап развития «ГИС АВ», который включает в себя наполнение и обновление модулей, актуализацию трехмерных моделей оборудования и реконструированных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонова Е.А. Управление инновациями: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 298 с.
2. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с. ■

Как известно, в составе отечественного ВМФ имеется значительное количество боевых кораблей и вспомогательных судов, полный срок службы которых истек или заканчивается. По действующим нормативным документам ВМФ не допускаются к эксплуатации корабли и суда с истекшим сроком службы, однако фактическое техническое состояние корабельного состава позволяет командованию ВМФ принимать меры и вырабатывать решения, необходимые для продолжения использования таких кораблей и судов по прямому назначению.

Авторский надзор за техническим состоянием находящихся в составе флотов в течение длительного времени боевых кораблей и вспомогательных судов, спроектированных ведущими центральными конструкторским бюро Советского Союза, продолжают их правопреемники, с обязательным участием представителей которых в случае необходимости осуществляется процедура продления сроков службы этих кораблей и судов.

На флотах продолжает службу небольшое количество кораблей-судов, которые были построены для ВМФ СССР в странах – участницах Варшавского договора (1955–1991 гг.) и в рамках сотрудничества государств – членов Совета Экономической Взаимопомощи (1949–1991 гг.). До сих пор во вспомогательном флоте продолжается эксплуатация нескольких судов зарубежной постройки, полученных Советским Союзом в порядке репараций по итогам Второй мировой войны. Весьма интенсивно эксплуатируются построенные в 1980-е гг. в Польской Народной Республике) большие десантные корабли, которые выполнили большую часть порученных ВМФ задач по доставке гуманитарных и технических грузов в Сирию. Очень велика востребованность на флотах кораблей специального назначения, построенных на польских верфях, морских буксиров и спасательных буксирных судов, построенных на финских верфях, килекторных судов, построенных на верфях Восточной Германии. Кроме того, эксплуатируется значительное количество построенных судостроительными заводами СССР морских и рейдовых судов обеспечения, проектанты которых по различным причинам в настоящее время отсутствуют. Следует отметить, что на некоторые проекты кораблей и судов отсутствует и полный комплект документации (как проектной, так и эксплуатационной), что накладывает определенные трудности для авторского надзора.

Вследствие целого ряда причин, перечисленные и анализ которых выходит за рамки настоящей статьи, нормальное функционирование системы техничес-

ОПЫТ АО «51 ЦКТИС» ПО ПРОДЛЕНИЮ ПОЛНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ВМФ

*О.А. Нестерец, 1-й зам. ген. директора – главный инженер АО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 423 1600*

кого обслуживания и ремонта корабельного состава ВМФ в конце 1990-х гг. было нарушено, а корабли продолжали эксплуатироваться, хотя их срок службы приближался к окончанию нормативного. При этом техническое обслуживание и плановые ремонты кораблей и их комплектующих изделий зачастую не проводились. Поэтому возникла необходимость проведения освидетельствования технического состояния не прошедших плановые ремонты кораблей и судов, часть которых оказалась к тому же лишённой постоянного авторского надзора.

В 2004 г. вступил в действие руководящий документ, регламентировавший продление нормативных показателей эксплуатации составных частей, комплектующих изделий и корабля в целом, а в следующем году – положение о продлении межремонтных и полных сроков службы надводных кораблей. Поскольку по результатам освидетельствований принималось решение о продлении межремонтных и полных сроков службы, как правило, не более чем на один год, эти мероприятия фактически стали ежегодными.

С восстановлением планового финансирования судоремонта кораблей органам военного управления флотов, нацеленных на максимальное продление полных сроков службы наиболее необходимых кораблей, пришлось соотносить планируемый объем финансирования работ, требуемых для продления, с желаемым периодом продления. Поэтому наиболее актуальным стало освидетельствование технического состояния кораблей и судов с последующим определением объема работ, выполнение которого обязательно для продления полного срока их службы более чем на один год.

Значительная часть упомянутых выше кораблей и судов иностранной постройки, потребность продолжения эксплуатации которых ежегодно подтверждалась, уже достигла «почтенного возраста». На некоторых из них в 1990-х–начале 2000-х гг. в отсутствие авторского надзора со стороны проектных организаций были выполнены модернизационные работы, которые тоже осуществлялись без участия проектанта. Для того чтобы эти корабли и суда получили квалифицированный авторский надзор, решением заместителя минис-

тра обороны РФ № 235/1/8/5202 от 16 июля 2014 г. АО «51 ЦКТИС» (в дальнейшем – Институт) делегированы функции проектанта кораблей и судов ВМФ иностранной постройки. Перечень кораблей и судов, функции проектанта которых исполняет Институт, утверждается приказом главнокомандующего ВМФ. В него вошли более 120 проектов кораблей и судов как иностранной постройки, так и тех, проектанты которых ныне находятся за границей или ликвидированы. Общее количество этих кораблей и судов превышает 400 вымпелов.

Одной из функций Института как проектанта является участие в освидетельствовании технического состояния кораблей и судов с целью продления полных и межремонтных сроков их службы. Доля этого вида деятельности в общем объеме работ Института не превышает 10%, что не дает представления о масштабности выполняемых задач. Более показательным количеством освидетельствованных вымпелов: только за последние два года (2017–2018 гг.) специалисты Института обследовали 417 кораблей и судов, из них на Черноморском флоте – 137, на Северном – 148, на Балтийском – 46, на Тихоокеанском – 25, Новороссийской ВМБ – 8 и Ленинградской ВМБ – 53.

Одним из основных вопросов, возникающих в процессе анализа действующих процедур освидетельствования технического состояния с целью продления межремонтных и полных сроков службы как составных частей (комплектующих изделий), так и корабля или судна в целом, по мнению Института, является отсутствие терминологической четкости в области долговечности. Нормативные документы нередко требуют принудительно выводить из эксплуатации вполне работоспособную технику, которая выслужила назначенные сроки службы. Назначенные показатели изделия (в государственном военном стандарте назначенный срок службы определяется по ГОСТ 27.002 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения») – это те, после достижения конечных значений которых изделие должно выводиться из эксплуатации независимо от его технического состояния, даже если оно полностью исправно. Порядок установления и продления назначенных показателей

долговечности военной техники устанавливает ГОСТ РВ 15.702. Согласно п. 6.1 указанного ГОСТ, назначенные показатели устанавливаются для изделий, достижение которыми предельного состояния при эксплуатации может привести к катастрофическим последствиям (угрозе жизни, здоровью людей, гибели корабля и т. п.). Для остальной техники стандартами предписано устанавливать «обычные» ресурс и срок службы (более того, для изделий общего назначения рекомендуется устанавливать средний ресурс и средний срок службы).

В сложившейся ситуации, когда объективно необходимо проведение процедуры освидетельствования технического состояния кораблей и судов, сроки службы которых истекают или уже превышены, целесообразно воспользоваться опытом гражданского морского флота и Российского морского регистра судоходства (РМРС), который освидетельствует поднадзорные суда в течение всего периода их эксплуатации, с «возрастом» изменяются лишь его периодичность и объемы. Хотя цели и задачи такой периодической деятельности РМРС отличаются от стоящих перед техническими управлениями флотов, поучиться у коллег, бесспорно, полезно. Освидетельствование кораблей и судов ВМФ также целесообразно проводить не однократно при продлении полного или межремонтного сроков, а на регулярной основе в течение всего периода их службы. Для этого можно делегировать эти полномочия РМРС, что частично реализовано в 2015 г. решением «О порядке продления полного срока службы корпусов кораблей и судов ВМФ, спроектированных в соответствии с требованиями Правил РМРС и других классификационных обществ – членов МАКО» № 235/1/1/5086.

В своей работе по продлению сроков службы кораблей и судов на начальном этапе Институт руководствовался двумя документами: Положением «Порядок продления нормативных показателей эксплуатации образцов военной техники и корабля в целом», введенным совместным решением СР-№ 714/19–3556 от 28.11.2004, и разработанным в 2005 г. ДВИЕ.360090.001 [5].

ДВИЕ.360090.001 распространяется на боевые надводные корабли, боевые катера, корабли специального назначения, морские суда обеспечения, катера и рейдовые суда обеспечения, у которых истекли или истекают межремонтные,

межремонтные и полные сроки службы, а также ресурсы или сроки службы систем и механизмов, установленные в нормативной и конструкторской документации. Документ устанавливает общие правила продления сроков службы кораблей и судов: срока службы до докового ремонта (междокового срока), срока службы до заводского (среднего) ремонта (межремонтного срока), полного срока службы, а также ресурсных показателей входящих в их состав комплексов, устройств, систем и оборудования. Продлением межремонтных и полных сроков службы именуется «комплекс мероприятий, организуемых и проводимых на флотах в установленном Решением № 714/19–3556 от 20.11.2004 порядке по определению возможности и документальному оформлению разрешения на эксплуатацию корабля по его прямому назначению за пределами или продленных межремонтных и полных сроков службы в течение установленного настоящим Положением срока продления без ограничения или с ограничениями по использованию кораблем его боевых и технических средств»*.

ДВИЕ.360090.001 предусматривает организацию освидетельствования корабля (судна) личным составом с привлечением при необходимости представителей проектанта корабля (судна) и предприятий промышленности, а объем освидетельствования уточняется с учетом фактического состояния корабля (судна), в том числе в соответствии с актом работы постоянной корабельной комиссии.

В соответствии с ДВИЕ.360090.001 продление срока службы корабля (судна) осуществляется *на один год*.

В развитие ДВИЕ.360090.001 и с учетом накопленного опыта Институтом было разработано типовое техническое задание на выполнение работ по теме «Освидетельствование технического состояния кораблей и судов ВМФ иностранной постройки и бюро-проектанты которых отсутствуют и ликвидированы, с целью определения возможности продления полного срока службы на один год»** [6].

В этом документе определены и сформулированы критерии, безусловное удовлетворение которым позволяет осуществить указанное продление:

- отсутствие признаков отрицательной остойчивости, неспецификационных крена и дифферента;
- исправное состояние систем, обес-

печивающих борьбу за живучесть корабля (судна), рулевого и швартовного устройств;

- соответствие значения сопротивления изоляции электроэнергетических сетей паспортным данным;
- отсутствие конструктивных изменений, снижающих тактико-технические характеристики корабля (судна) и не согласованных с проектантом;
- отсутствие изменения состава комплекующих изделий, снижающих тактико-технические характеристики корабля (судна) и не согласованных с проектантом;
- укомплектованность корабля (судна) действующей документацией по непотопляемости.

Следует пояснить, что на ряде кораблей и судов ВМФ с длительными сроками эксплуатации имеются значительные изменения нагрузки масс вследствие многочисленных ремонтных и модернизационных работ, выполнявшихся преимущественно в 1990-е гг. В большинстве случаев такие работы проводились без разработки конструкторской документации, перерасчеты непотопляемости и остойчивости не выполнялись, опыты кренования не проводились. Так, в результате кренования одного из прошедших модернизацию судов пр. 862 было выявлено увеличение водоизмещения порожнем почти на 120 т при проектном его значении ок. 1800 т и изменение положения центра тяжести, ошутимо изменился запас плавучести и сократилась минимально допустимая высота борта, ухудшилась остойчивость судна. Основной причиной стало широкое применение метода ремонта корпуса, палуб судна с помощью цементных ящиков и заливки настилов палуб цементным раствором, в том числе в надстройке. Для продолжения безопасной эксплуатации таких кораблей и судов необходимо определение фактических водоизмещения и остойчивости путем проведения кренования, поскольку лишь результат выполнения этого мероприятия дает возможность откорректировать корабельную эксплуатационную документацию по остойчивости и непотопляемости.

На практике, как уже говорилось, более актуальна необходимость продления полного срока службы кораблей и судов ВМФ *более одного года*.

По мере накопления опыта работ по освидетельствованию в результате анализа технического состояния боевых

*Вступивший в действие с 1 января 2019 г. ГОСТ РВ 1905-013–2018 («Корабли и суда ВМФ. Порядок продления установленных сроков службы. Основные положения») дает следующее определение: «Комплекс работ по определению возможности, восстановлению работоспособности и документальному оформлению разрешения на эксплуатацию корабля по его назначению за пределами установленного ранее или продленного межремонтного срока службы корабля без ограничения или с ограничениями его использования в течение установленного срока продления, а также по разработке мероприятий по обеспечению эксплуатации корабля на продлеваемый период».

**Утверждено начальником Кораблестроения, вооружения и эксплуатации вооружения – заместителем главнокомандующего ВМФ по вооружению 8 июля 2017 г.

надводных кораблей и судов обеспечения, срок службы которых достиг или превысил полный, специалисты Института пришли к выводу о необходимости для определения возможности продления их сроков службы на пять лет и более разработки специальных методик по освидетельствованию и прогнозированию технического состояния составных частей и комплекующих изделий корабля (судна).

Поскольку нормативный срок службы (ресурс) основных составных частей корабля (судна), как правило, меньше полного срока службы самого корабля, в качестве основных критериев, интегрально определяющих возможность продления полного срока его службы, было выбрано техническое состояние корпуса и корпусных конструкций, обеспечивающих общую, местную и усталостную прочность корпуса, а также состояние магистральных кабельных трасс, замена которых сопряжена с огромным объемом работ и требует, как минимум, размещения корабля (судна) в заводской ремонт.

Опыт освидетельствования корпусов показал, что районы повышенного эксплуатационного износа у групп кораблей и судов одного проекта или назначения в основном одни и те же, что определяет целесообразность разработки методик освидетельствования корпуса и корпусных конструкций на группу кораблей (судов) одного проекта.

Эти методики включают в себя следующее:

- сведения о корпусе и корпусных конструкциях конкретного корабля (судна) с перечнем основных конструкций и материалов;
- требования к составу комиссии по освидетельствованию корпуса, назначаемой приказом командующего флотом;
- состав и последовательность проверок и измерений на элементах корпусных конструкций (остаточных толщин, деформаций и других дефектов): наружная обшивка, второе дно, платформы, водонепроницаемые продольные и поперечные переборки, продольный набор корпуса, а также другие конструкции, характерные для конкретного корабля или судна;
- требования к сравнению фактических параметров, полученных в результате замеров, с допускаемыми нормами;
- состав и последовательность выполнения расчетов прочности корпуса и корпусных конструкций и сравнение полученных данных с нормативными;
- общие рекомендации по ремонту корпуса корабля (судна) данного

проекта и рекомендации по техническому обслуживанию на период продленного срока службы.

В процессе освидетельствования может потребоваться оценка характеристик основного металла корпуса. Для этого с целью оценки механических свойств металла проводятся испытания образцов-свидетелей, а также механические испытания участков конструкций со сварными соединениями. К испытанию образцов привлекаются специалисты ФГУП «Крыловский государственный научный центр», который располагает необходимым для этого оборудованием. Комплекс испытаний образцов основного металла с целью оценки механических свойств включает в себя испытания на изгиб, на растяжение, на ударный изгиб, циклические испытания на изгиб, испытания на сжатие и на трещиностойкость. По окончании комплекса испытаний оформляются заключения о физических, механических и химических свойствах испытанных образцов. Результатом комплекса выполненных работ служит акт освидетельствования корпуса и корпусных конструкций, в котором фиксируются фактическое состояние корпуса и корпусных конструкций, осуществленные ремонтные работы и мероприятия, выполнение которых обязательно для продления срока службы корпуса и корпусных конструкций корабля (судна), а в дальнейшем – и корабля в целом.

Первым положительным опытом работы Института в этом направлении стало освидетельствование технического состояния большого противолодочного корабля «Вице-адмирал Кулаков» пр. 1155. Корабль, направленный в текущий ремонт, с начала 1990-х гг. находился сначала на Кронштадтском морском заводе, затем на судостроительном заводе «Северная верфь», длительное время из-за отсутствия финансирования ремонтные работы на нем велись. Благодаря результатам работы специалистов Института с участием проектанта корабля и инженерно-технического персонала судостроительного завода полный срок службы корпуса и корпусных конструкций БПК «Вице-адмирал Кулаков» продлен на десять лет. Ремонт и модернизация корабля завершены в 2010 г.

По мере накопления опыта и с учетом востребованности проведения работ по освидетельствованию корпуса и корпусных конструкций институтом с 2009 г. по настоящее время разработаны и согласованы с Техническим управлением ВМФ, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» (в необходимых случаях с ФАУ РМРС) методики освидетельствования корпуса и корпусных конструкций более чем для десяти кораблей.

Обусловленная военно-политической ситуацией в Сирии востребованность больших десантных кораблей проекта 775 и необходимость выполнения их ремонтов поставили задачи, решению которых специалисты Института уделили особое внимание. Проанализировав полученные в ходе дефектации корпуса и корпусных конструкций результаты (остаточные толщины) и обработав результаты лабораторных испытаний образцов-свидетелей, Институт выполнил расчет остаточной прочности корпуса и корпусных конструкций корабля, на основании которого было выдано заключение о возможности продления полного срока службы. Кроме целого ряда проблем с ремонтом корабельных механизмов и оборудования и необходимостью их замены на современные аналоги и изделия российского производства, судоремонтные заводы столкнулись с трудностями, связанными с необходимостью использования для ремонта дефектных участков наружной обшивки, настилов палуб и платформ и других корпусных конструкций судостроительной стали, отличающейся по своим физико-химическим и механическим свойствам от применявшейся при постройке стали польского производства. Это потребовало дополнительных исследований.

Полученный опыт и результаты совместной работы с органами военного управления флотов дали возможность разработать для больших десантных кораблей пр. 775 общую методику освидетельствования корпуса и корпусных конструкций, позволяющую продлевать полный срок службы этих кораблей более чем на один год [2].

Как уже говорилось, вторым основным фактором, определяющим срок службы корабля (судна) в целом, является состояние магистральных кабельных трасс.

Продление назначенного срока службы комплекующих изделий и материалов для кораблей (судов), в первую очередь кабельных изделий, потребовало разработки специальных мероприятий. В ДВИЕ.360090.001 регламентировано определение фактического технического состояния оборудования, кабельных изделий и диагностирование возможности их дальнейшей эксплуатации, в том числе основные этапы работ по определению фактического технического состояния кабелей и последовательность их выполнения. Однако итог этой работы ограничивается «выработкой рекомендации по дальнейшей эксплуатации кабелей». На судоремонтных заводах ВМФ контроль технического состояния кабельных изделий до недавнего времени проводился в соответствии с «Инструкцией по дефектации кабельных изделий» с резиновой изоляцией

606–78.2210 и «Технологической инструкции по диагностированию технического состояния кабелей с пластмассовой изоляцией и оболочкой при ремонте заказов» КЛГИ.360096.001 разработки ЦНИИ СЭТ. Эти документы выпущены в 1989 г., и уже не могут удовлетворять ремонтные и эксплуатирующие организации, поскольку требуют отбор образцов кабелей для лабораторных исследований и не дают возможности прогнозировать дальнейшее использование кабелей [3].

В ходе конструкторско-технологического сопровождения ремонта БПК «Вице-адмирал Кулаков» в 2009 г. перед специалистами Института была поставлена задача освидетельствования и продления срока службы всех кабельных изделий корабля на пять лет. Поскольку корабль находился в завершающей стадии ремонта, изъятие образцов для лабораторных исследований было невозможно. В результате совместной работы с ФГУП «НИИ приборов» (г. Лыткарино), входящим в концерн «Росэнергоатом», «Положение по определению технического состояния и управлению старением кабелей на атомных станциях» (РД ЭО 0322–02) было адаптировано для проведения освидетельствования кабельных изделий на надводном корабле, выпущен руководящий документ «Методика проверки состояния кабельных трасс заказа зав. № 731 неразрушающими методами» (АФВГ. 1155.360096.001 ПМ).

Анализ результатов обследования кабелей типов КРНЭГ, КМПЭВЭ, НГРШМ, МЭРШН-100, КНРТЭ, КНРП, КМПВЭ, КНРЭ, РК, НРШМ на корабле показал отсутствие их старения или незначительное старение на большей протяженности трасс. В местах трассировки с повышенной эксплуатационной температурой расчетный срок службы превышает заявленный, равный пяти годам. После завершения ремонта корабль интенсивно эксплуатировался, участвовал в боевых службах в районах с различными климатическими условиями. Выхода из строя техники, связанной с неисправностью кабельных соединений, не зафиксировано.

На кораблях и судах ВМФ иностранной постройки основной объем кабельных изделий – кабели с ПВХ изоляцией (до 90%). Освидетельствование

таких кабелей с пластиковой изоляцией проводилось с помощью методов дифференциальной сканирующей микрокалометрии и инфракрасной спектроскопии в лабораторных условиях. Образцы для исследования отбирались на корабле параллельно с выполнением работ по диагностике кабельных изделий с помощью кабельного индентора. Указанные методы исследования стали основными при принятии решения о возможности дальнейшей эксплуатации на корабле кабельных изделий. Они давно известны, но в военном судоремонте применены впервые.

С 2009 г. по настоящее время под наблюдением Института проведено еще несколько освидетельствований кабельных изделий на кораблях и судах ВМФ, обобщив результаты которых, можно сделать следующие выводы:

- использование методов неразрушающего контроля с прогнозом технического состояния кабелей и условий, при которых возможна их дальнейшая эксплуатация, позволяет значительно снизить трудоемкость и стоимость работ (для боевых кораблей 1 ранга она снижена в 2–2,5 раза).
- кабели всех типов, изготавливаемые в соответствии с требованиями ГОСТ 7866.1–76 – ГОСТ 7866.1–76 (Кабели судовые), могут находиться в эксплуатации до 30 лет. Исключением составляют кабели с резиновой, ПВХ и пластиковой изоляцией сечением менее 15 мм, поскольку изоляция кабелей небольшого сечения наиболее подвержена старению (это характерно для кабелей, использующихся в сетях освещения, электрических сетях бытового назначения и кабельных сетях, проходящих по верхней палубе) [4].

С учетом накопленного опыта Институт был создан и используется как для ВМФ, так и для предприятий промышленности, участвующих в выполнении работ по продлению сроков службы кораблей и судов ВМФ, ГОСТ РВ 1905-013–2018 «Корабли и суда ВМФ. Порядок продления установленных сроков службы. Основные положения», который введен в действие с 1 января 2019 г. Приказом Росстандарта № 7-ст от 16.04.2018 г. Данный ГОСТ был разработан совместно с Институтом с целью организации работ, взаимодействия про-

мышленности и ВМФ связанных с продлением полных сроков службы кораблей и судов ВМФ более чем на один год.

Работа по продлению сроков службы кораблей и судов ВМФ сохраняет свою актуальность. Институт продолжает исследования, направленные на выработку надежных критериев для качественной и количественной оценки остаточного ресурса корпусов и корпусных конструкций, магистральных кабельных трасс кораблей и судов ВМФ. Ведется разработка соответствующих общих методик освидетельствования технического состояния кораблей и судов иностранной постройки, которые позволят выполнять работы продлению сроков службы до десяти лет по всей закрепленной за Институтом номенклатуре проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Муру Г.Н.* О терминологии в среде технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники ВМФ // *Морской вестник.* – 2013. – № 3 (47). – С. 20–22.
2. *Орлова М.М.* Продление сроков службы корпусов и корпусных конструкций кораблей и судов ВМФ // *Морской вестник.* – 2015. – № 1 (53). – С. 31–32.
3. *Миронов А.И., Бельский А.О.* Диагностика кабельных изделий с целью продления срока их службы на кораблях и судах ВМФ // *Морской вестник.* – 2014. – № 3 (51). – С. 34–36.
4. *Бельский А.О.* Методы освидетельствования кабельных изделий с целью продления срока их службы на кораблях и судах ВМФ // *Морской вестник.* – 2015. – № 4 (56). – С. 34–36.
5. ДВИЕ.360090.001 «Надводные корабли. Порядок продления межремонтных и полных сроков службы боевых надводных кораблей, боевых катеров, кораблей специального назначения, катеров и рейдовых судов обеспечения», 2005.
6. ТЗ-АФВГ. 872–2017. Типовое техническое задание на выполнение работ по теме «Освидетельствование технического состояния кораблей и судов ВМФ иностранной постройки и бюро-проектанты которых отсутствуют и ликвидированы, с целью определения возможности продления полного срока службы на один год», 2017.

Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» возглавляют руководство и сотрудники АО «51 ЦКТИС» с 65-летием и желают дальнейших успехов в их деятельности. ■

Традиционно в отечественной практике проектирования кораблей вопросы оценки живучести рассматриваются на более поздних стадиях, когда основные технические решения по комплексам оружия, вооружения и энергетической установке уже исследованы и, как правило, утверждены. В этой связи у исследователей крайне ограничены возможности по обеспечению требуемого уровня живучести [1]. Ситуация усугубляется также отсутствием современных автоматизированных средств количественного анализа живучести, которые можно было бы использовать на всех стадиях проектирования корабля.

Из года в год в различных научно-исследовательских организациях совершенствовалось программное обеспечение для расчета живучести кораблей, однако оценке живучести энергетических установок (ЭУ) уделялось недостаточно внимания.

Энергетическая установка, будучи одной из подсистем корабля, предопределяет его важнейшие тактико-технические свойства (ТТХ), такие как, например, маневренность при подготовке и нанесении ударов, автономность и дальность плавания, скрытность и др. Оценка живучести ЭУ на ранних стадиях проектирования корабля становится первоочередной задачей, способствующей повышению ТТХ корабля.

Ниже приведены основы теории оценки живучести ЭУ или, по-другому, работоспособности (стойкости) ЭУ при внешних воздействиях, адаптация которых на ЭВМ позволяет проводить широкий комплекс исследований в указанном направлении.

Под стойкостью ЭУ понимается ее свойство выдерживать воздействие поражающих факторов оружия, разрушительных сил стихии или последствий аварий без повреждений, приводящих к изменению ее работоспособности [3].

Стойкость к внешним воздействиям количественно характеризуется величиной воздействия, при котором сохраняется работоспособность ЭУ. Величины воздействий, не превышающие значений, определяемых нормальными условиями эксплуатации, приводятся в общих тактико-технических требованиях, предъявляемых к надводным кораблям и их подсистемам, а также в эксплуатационной документации и спецификации корабля.

Статистический материал, характеризующий живучесть кораблей и их систем в боевых и аварийных условиях, ограничен, а проведение испытаний связано с чрезвычайно большими затратами. В связи с этим возрастает роль расчетных методов, применяемых на стадии исследовательского проектирования.

Живучесть ЭУ при проектировании и создании кораблей, как правило, обеспечивается за счет:

- резервирования элементов и систем ЭУ и рационального их размещения в отсеках корабля;
- реализации специальных конструктивных мероприятий по борьбе за живучесть (БЗЖ) корабля (водонепроницаемые переборки, стационарные и переносные средства БЗЖ и др.);
- обеспечения восстановления поврежденного оборудования ЭУ.

Например, размещение оборудования ЭУ на крупных кораблях должно быть таким, чтобы исключить случаи потери хода при попадании в корабль одной крылатой ракеты противника. Поэтому, изменяя топологию размещения основного оборудования ЭУ внутри корпуса корабля, можно изменять живучесть ЭУ. При наличии соответствующего теоретического и методологического аппарата по оценке живучести, адаптированного к расчетам на ЭВМ, можно вести широкий комплекс исследований, добываясь требуемого результата.

Для расчета живучести ЭУ представляется как сложная техническая система, состоящая из m элементов и достоверно подвергающаяся $n = 1, 2, \dots, N$ последовательным поражающим воздействиям (ПВ). Способность ЭУ противостоять ПВ за-

ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

Е.Г. Пучков, науч. сотрудник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ
ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. +7(921) 317 4711

дадим вероятностной характеристикой стойкости $R_i(n)$, всех элементов к каждому поражающему воздействию. Искомым показателем живучести ЭУ будет вероятность сохранения ее работоспособности $R^{\text{ЭУ}}(n)$.

Зависимость $R^{\text{ЭУ}}(n)$ от числа ПВ называется *условным законом живучести (УЗЖ) ЭУ*:

$$R^{\text{ЭУ}}(n) = f(R_1(1), R_2(1), \dots, R_i(n), \dots, R_m(n), n = \overline{1, N}). \quad (1)$$

Определение функции (1) возможно на основе логико-статистических методов. При их использовании структура и особенности функционирования ЭУ описываются средствами алгебры логики, а количественная оценка живучести делается статистически.

Неблагоприятные воздействия труднопредсказуемы как по времени, так и по интенсивности и месту возникновения. Поэтому УЗЖ (1) представляет собой вероятностную функцию не от времени, а от числа поражающих воздействий.

В качестве исходных данных при расчете живучести ЭУ используются характеристики ПВ и характеристики уязвимости элементов установки при этих воздействиях.

ПОЛУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЯЗВИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭУ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННО- СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Информация об устойчивости элементов ЭУ по отношению к ПВ оружия конкретного противника может быть получена по аналогии с методами расчета живучести корабля, разработанными в [3, 4]. Особенностью указанных методов является получение количественных показателей живучести с использованием метода статистических испытаний (Монте-Карло). Метод основан на предельной теореме теории вероятностей (Ляпунова), согласно которой увеличение числа независимых опытов приближает частоту появления рассматриваемого события к его вероятности.

Данный метод позволяет получить количественные показатели живучести с интересующей исследователя точностью. Погрешность метода обратно пропорциональна корню квадратному из числа испытаний:

$$x = \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{k}}, \quad (2)$$

где x – погрешность вычислений; \bar{p} – частота событий; k – число испытаний.

Поэтому для повышения точности метода в k раз необходимо число испытаний увеличить в k^2 раз.

В соответствии с принципами построения математических моделей, изложенными в [3], для создания алгоритма оценки живучести ЭУ введены следующие допущения:

- в качестве показателя живучести ЭУ принят условный закон поражения (УЗП), или УЗЖ;
- характеристики стойкости элементов ЭУ к ПВ считаются независимыми;
- восстановление пораженных элементов ЭУ не проводится;
- при моделировании обстрела используется способ одно-временных попаданий в корабль, без ликвидации последствий в интервалах между попаданиями;
- конструкция корпуса корабля, а также элементы ЭУ, оборудование и комплексы вооружения, попавшие в зону раз-

- рушений, считаются полностью выведенными из строя;
- элементы ЭУ, оказавшиеся в результате моделирования не разрушенными, но попавшие в зону затопления или пожара, также считаются выведенными из строя;
- в случае гибели корабля от потери непотопляемости или прочности всем элементам ЭУ присваивается признак поражения.

В соответствии с допущениями [3] о независимости воздействий отдельных видов боеприпасов расчет по каждому из них может быть выполнен отдельно, что позволяет в алгоритме использовать цикл по номеру боевого средства в перечне (массиве) боевого потенциала противника.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧКИ ПОДРЫВА БОЕЗАПАСА

На основании анализа, проведенного в [4], для боеприпасов, оборудованных головками самонаведения, за точку прицеливания по длине корабля могут быть приняты координаты мидель-шпангоута по высоте приблизительно на 3 м выше действующей ватерлинии, а степень отклонения расчетного боеприпаса противника, например ракеты «Гарпун», от точки прицеливания может быть описана нормальным законом распределения (рис. 1).

Поэтому вероятность попадания боеприпаса в любую точку корабля может быть рассчитана по формулам [3, 4]

$$P_n = P_1 \cdot n; \quad (3)$$

$$P_n = 0,5 \cdot \left[\hat{F}\left(\frac{x_n}{E_x}\right) - \hat{F}\left(\frac{L_x}{E_x}\right) \right], \quad (4)$$

где n – случайное число; $\hat{F}(x) = \frac{2 \cdot p}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x e^{-t^2} \cdot dt$ – приведенная функция Лапласа; E_x – срединное отклонение расчетного боезапаса по оси x ; L_x – расстояние от мидель-шпангоута до кормы корабля.

Приравнивая эти уравнения и раскрывая выражение для P_p , получаем

$$P_1 = \frac{n}{N} \cdot 0,5 \cdot \left[\hat{F}\left(\frac{L_n}{E_x}\right) - \hat{F}\left(\frac{L_k}{E_x}\right) \right] = 0,5 \cdot \left[\hat{F}\left(\frac{x_n}{E_x}\right) - \hat{F}\left(\frac{L_k}{E_x}\right) \right], \quad (5)$$

где N – число разбиений по длине корабля; L_n – расстояние от миделя до носа корабля.

$$A_1 \cdot \hat{F}\left(\frac{L_n}{E_x}\right) - A_1 \cdot \hat{F}\left(\frac{L_k}{E_x}\right) = \hat{F}\left(\frac{x_n}{E_x}\right) - \hat{F}\left(\frac{L_k}{E_x}\right), \quad (6)$$

где $A_1 = \frac{n}{N}$ – случайное число, $0 \leq A_1 \leq 1$.

Окончательно имеем

$$\hat{F}\left(\frac{x_n}{E_x}\right) = A_1 \cdot \hat{F}\left(\frac{L_n}{E_x}\right) + (1 - A_1) \cdot \hat{F}\left(\frac{L_k}{E_x}\right). \quad (7)$$

В правую часть выражения входят только известные величины. Таким образом, задача сводится к отысканию аргумента функции Лапласа ($f = \frac{x_n}{E_x}$) по известному значению функции, а затем и координаты $x_n = f \cdot E_x$. Аналогичным образом определяются координаты точки подрыва боезапаса по осям z и y .

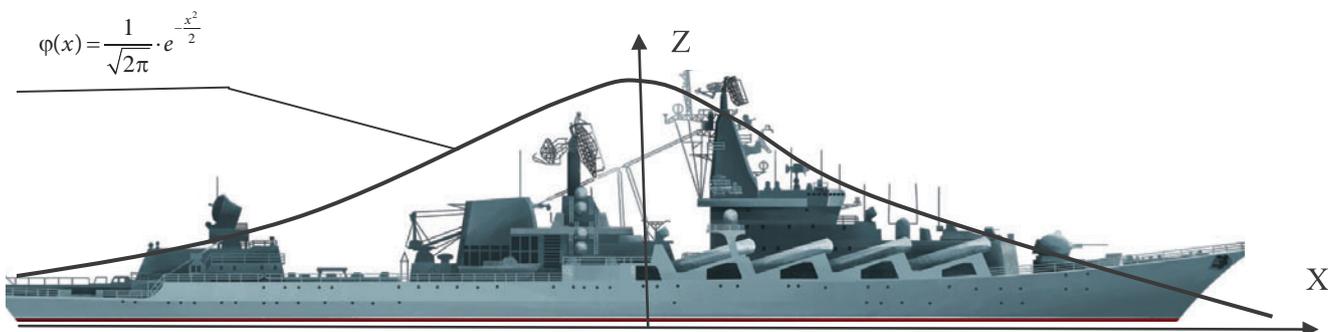


Рис. 1. Определение координат точки подрыва боезапаса противника

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЯЗВИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭУ

После расчета координат точки подрыва боезапаса для оценки уязвимости элементов ЭУ необходимо знать размеры зон разрушений. Анализ сведений о размерах зон внутренних разрушений, изложенных в отечественной и зарубежной литературе, показывает, что для заряда с обычным (осколочно-фугасным) снаряжением их можно приближенно определить по следующей зависимости [3, 4]:

$$R_i = k_i \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (8)$$

где R_i – радиус зоны разрушений; k_i – коэффициент направлений; G – тротильный эквивалент заряда, который рассчитывается по зависимости

$$G = 1,47 \cdot Q_{\text{вв}} \cdot \sqrt[3]{1 - 0,4827 \cdot \left(1 - \frac{Q_{\text{вв}}}{Q_{\text{вс}}}\right)^3}, \quad (8^a)$$

где $Q_{\text{вв}}$ – вес взрывчатого вещества заряда, кг; $Q_{\text{вс}}$ – вес боевой части заряда, кг.

Значение коэффициента k_y при наружном взрыве можно найти по эмпирической зависимости

$$k_y = 1 + 1,337 \cdot e^{-8,8D \cdot 10^{-5}}, \quad (9)$$

где D – водоизмещение корабля в тоннах.

Остальные коэффициенты находятся из соотношений:

$$k_x = 0,5 \cdot k_y; \quad k_z = 0,35 \cdot k_y. \quad (10)$$

Коэффициенты направлений при внутреннем взрыве имеют следующие значения величин: $k_y = k_x = 2,6 \div 3,0$; $k_z = 1,2 \div 1,5$.

Характер взрыва (наружный или внутренний), как правило, определяется углом подлета ракеты по отношению к наружной обшивке корпуса корабля. В расчетах принято допущение о равновероятном распределении наружных и внутренних взрывов при обстреле корабля крылатыми ракетами. Все расчетные зависимости построены для «базового» средства вероятного противника – ракеты «Гарпун». В программной реализации не исключается возможность расчета уязвимости элементов ЭУ и для ракет других типов, например «Экзосет». Однако в этом случае требуется уточнение параметров распределения степени их отклонения от точек прицеливания.

Зная координаты зон разрушения и координаты размещения элементов ЭУ в корпусе корабля, можно без труда определить уязвимость последних. Для этого следует в серии опытов для конкретного оружия вероятного противника в качестве уязвимости считать «частоту» появления событий (поражения элементов ЭУ).

Условиями уязвимости элементов считаются также гибель корабля (либо от потери непотопляемости, либо от потери боевой прочности) и пожар в отсеках, где располагаются элементы установки опасных размеров.

Условием гибели корабля, например, класса «эсминец», от потери непотопляемости считается наличие семи и более затопленных отсеков [4].

Условием гибели корабля от потери боевой прочности считается взаимное наложение зон разрушений двух и более взрывов так, что разрушается не менее 1/3 верхней палубы или днища и столько же бортовой обшивки, прилегающей к верхней палубе или днищу [4].

Необходимая подача огнегасителя при тушении пожара

Помещение	Объем воды, л/(м ² ·с)	τ = 10 мин.			τ = 5 мин.	τ = 40 с	
		ВМП низкой кратности, л/(м ² ·с)	Химическая пена	ВМП высокой кратности, л/(м ² ·с)	Порошок, кг/(м ² ·с)		
Хранилища легкого топлива	0,3–0,25	1,5	1,7	0,6	9,0	0,3	0,4
Электростанции	–		2,0	–	3,0	–	–
Машинные отделения	0,3–0,45	1,8	0,9	–	10,0	–	–
Жилые помещения	0,18–0,2	0,7	1,2	–	5,0–6,0	–	–
Грузовые помещения	0,2–0,25	1,0	0,9	–	6,6	–	–
Посты управления	0,18–0,2	0,7	0,9	–	5,0–6,0	–	–
Служебные помещения	0,18–0,2	0,7	1,4	–	5,0–6,0	–	–
Ангары	0,4–0,45	1,3	–	–	10,0	–	–
Охлаждаемые переборки	0,1–0,13	–	–	–	–	–	–

Условием поражения элементов от пожара считается достижение в отсеке среднеобъемной температуры 480–5000 °С [4].

Температурный режим пожара в помещениях может быть описан зависимостью [3, 4]

$$t = H \cdot \tau^f, \quad (12)$$

где t – среднеобъемная температура, °С; H и f – коэффициенты аппроксимации; τ – время развития пожара, мин.

В первом приближении в зависимости от категории помещения можно считать

$$H = 780 \cdot e^{-0,32i}, f = 0,159 \cdot 1,23^i, \quad (13,14)$$

где i – номер категории помещения.

Различают семь категорий помещений [3, 4]: хранилища боезапаса и легкого топлива; аккумуляторные помещения; машинные отделения; жилые помещения; грузовые помещения; посты управления; служебные помещения.

Зная координаты расположения помещений на корабле, а также координаты точек подрыва боезапаса и радиусы разрушений, можно определить вероятность возникновения возгорания в любом из них. Для приближенных расчетов может быть использована формула [3, 4]

$$P_3 = 1 - e^{k_i G}, \quad (15)$$

где P_3 – вероятность возникновения загорания; k_i – коэффициент i -й категории помещения, который в первом приближении определяется как:

$$k_i = 34,4 - 4,6 \cdot i, \quad (16)$$

G – масса взрывчатого вещества, кг; i – номер категории помещения.

Значение G трудно найти по справочной литературе, поэтому для его приближенного определения можно воспользоваться зависимостью [3]

$$G = A \cdot D_6^3, \quad (17)$$

где A – коэффициент пропорциональности, $A \approx 1330 - 1560$ кг/м³; D_6 – калибр боезапаса, м.

При расчете вероятности возгорания исходят из допущения о том, что если расчетное значение вероятности $P_3 \geq 0,5$, то возгорание считается достоверным, а если $P_3 < 0,5$, то абсолютно невозможным.

Логическими условиями развития возгорания до пожара ($t \geq 500$ °С) можно считать [3, 4]:

- если время развития пожара τ_p будет меньше времени «реакции» личного состава на его возникновение: $\tau_p < \tau_{л.с.}$;
- если время реакции личного состава окажется меньше времени развития пожара, но интенсивность подачи огнегасителя окажется меньше потребной: $i_n < i_{потр.}$.

Сказанное можно представить логическим уравнением

$$P = (\tau_p < \tau_{л.с.}) \vee [(\tau_p \geq \tau_{л.с.}) \vee (i_n < i_{потр.})]. \quad (18)$$

Значения потребной интенсивности подачи огнегасителя приведены в табл. 1.

Зная количество огнегасительных средств в каждом поме-

щении корабля и их характеристики, можно рассчитать расходуемую интенсивность подачи огнегасителя. Для этого предварительно необходимо определить площадь пожара F_n , которая зависит от времени развития пожара и скорости пламени.

Для горения в горизонтальной плоскости (простейший случай) площадь пожара определяется из выражения

$$F_n = \pi \cdot (q_p \cdot \tau)^2, \quad (19)$$

где q_p – линейная скорость распространения пожара, определяемая как $q_p = (0,6 - 0,7) \cdot q_{p0}$; q_{p0} – линейная скорость горения в помещениях при полном газообмене, в зависимости от категории помещения она определяется по табл. 2.

Таблица 2
Линейная скорость горения в помещениях при полном газообмене

Помещение	q_{p0} , м/мин
Хранилища легкого топлива	15,0
Электростанции, аккумуляторные помещения	1,0
Машинные отделения	9,0
Жилые помещения	1,1
Грузовые помещения	0,6
Посты управления	0,6
Служебные помещения	0,8

Определив потребную интенсивность подачи огнегасителя, можно получить вероятность развития пожара в помещении:

$$P_n = 1 \text{ при } i_n < i_{потр.}; P_n = 0 \text{ при } i_n \geq i_{потр.}, \quad (20)$$

где i_n – имеющаяся интенсивность подачи огнегасителя, определяемая из выражения

$$i_n = \sum_{i=1}^n q_i / F_n, \quad (21)$$

где q_i – расход имеющегося в помещении i -го типа огнегасительного средства.

В дополнение к вышеизложенному следует отметить, что при тушении пожаров в энергетических отсеках можно использовать станции объемного химического тушения (ОХТ). Опыт тушения больших пожаров с использованием станций ОХТ свидетельствует о том, что эффективность тушения в этом случае зависит от своевременности включения этих станций до образования устойчивых воздушно-газовых потоков, способствующих удалению огнегасителя из помещения [6]. Подобные воздушно-газовые потоки образуются при достижении среднеобъемной температуры около 400 °С.

Поэтому дополнительным логическим условием развития пожара в помещениях энергетических отсеков становится превышение времени включения личным составом ОХТ, при которых среднеобъемная температура в помещении достигает величины 400 °С и выше, т.е.

$$P = (\tau_p < \tau_{л.с.}) \vee [(\tau_p \geq \tau_{л.с.}) \cdot (i_n < i_{потр.})] \vee (\tau_{л.с.} < \tau_p^{t=400}). \quad (22)$$

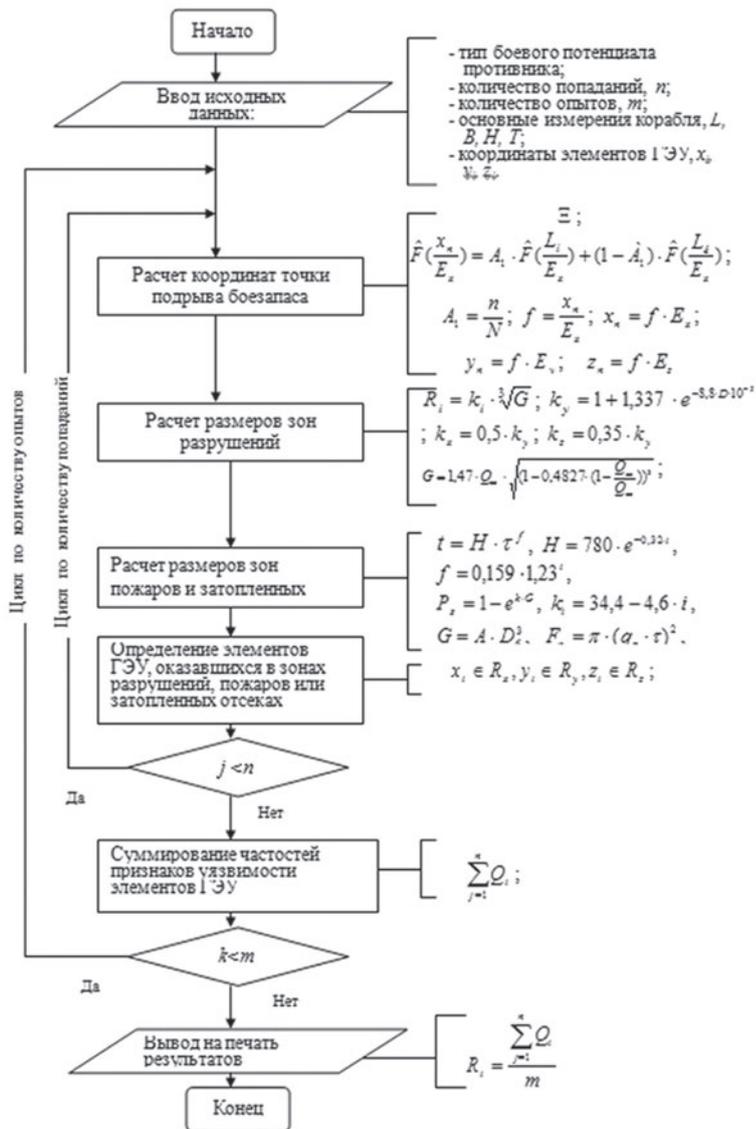


Рис. 2. Алгоритм для оценки уязвимости элементов ЭУ

Таким образом, определены все условия уязвимости элементов ЭУ от первичного поражающего воздействия (воздействия боеприпаса противника). В действительности при попадании в корабль боеприпаса противника могут возникнуть вторичные зоны поражающих воздействий (от разрыва собственных погребов), которые могут привести к последствиям, по степени интенсивности воздействия превышающим взрыв боеприпаса противника.

Условием взрыва погреба (при наличии в нем боезапаса) считается совпадение радиуса инициирования (радиуса разрушающего воздействия, инициирующей подрыв боезапаса), проведенного из точки пересечения с координатами подрыва боевого заряда противника координат погреба с боезапасом [3, 4].

Радиус инициирования рассчитывается по следующей зависимости:

$$R_{miz} = R_{100} \cdot \left(1 - \frac{S_{np}}{S_{про}}\right), \quad (23)$$

где R_{miz} – радиус инициирования взрыва при отсутствии преграды; S_{np} – толщина преграды; мм; $S_{про} = 0,0757 \cdot r_0$ – толщина преграды, которая не препятствует подрыву боезапаса; R_{100} – радиус эквивалентного заряда сферической формы.

При выполнении условий подрыва погреба с боезапасом проводится проверка условий поражения элементов ЭУ, уцелевших после подрыва боезапаса противника по методике, изложенной выше. При этом *внутренним взрывом* считается взрыв погребов, расположенных внутри корпуса корабля и подбашенных орудийных отделений, а *наружным взрывом* – взрыв боеприпаса, расположенного в контейнерах (крылатых ракет, торпед) за пределами внутренней части корпуса корабля. Отличие расчетов состоит в том, что в данном случае принимаются равными между собой коэффициенты направлений ($k_x = k_y = k_z = 1,2 \div 1,5$ – для внутреннего и $k_x = k_y = k_z = 0,5 \div 0,7$ – для наружного взрывов).

В соответствии с принятыми ранее допущениями алгоритм оценки уязвимости элементов ЭУ построен на основе способа одновременных попаданий в методе статистических испытаний. Для реализации указанного способа при составлении программы расчета необходимо задать количество опытов и организовать цикл их повторения с обработкой результатов каждого опыта. Кроме того, необходимо организовать последовательное увеличение числа попаданий при переходе от одной серии опытов к другой.

Таким образом, задача сводится к оценке уязвимости элементов ЭУ при известном числе попаданий.

Данная методика без труда может быть адаптирована к расчетам на ЭВМ, алгоритм расчета уязвимости элементов ЭУ представлен на рис. 2.

После получения исходных данных (уязвимости элементов ЭУ) задача получения УЗЖ ЭУ в виде (1) может быть решена, например, при использовании логико-вероятностных методов.

ВЫВОД

Математическое обеспечение, представленное выше, позволяет проводить оценку работоспособности энергетических установок надводных кораблей при внешних воздействиях по

разработанным правилам и критериям. Адаптация указанного алгоритма оценки живучести ЭУ к расчетам на ЭВМ может облегчить решение задач обеспечения требуемого уровня живучести энергетических установок на ранних стадиях исследовательского проектирования кораблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальчук С. В., Пушиной Е. Н., Шедько С. В. Программные средства выполнения комплексной оценки живучести кораблей. – Тр. «Крыловского ГИЦ». – 2018. – № 4. – Т. 386.
2. Лобанов С. Л., Бледнов Д. А., Сорокин В. Е. О технологии автоматической оценки живучести и безопасности кораблей ВМФ // Программные продукты и системы. – 2014. – № 2. – С. 131–135.
3. Васюнькин В. В. Живучесть надводного корабля: учеб. пособие. – СПб.: Изд. ВМА, 1992.
4. Васюнькин В. В. и др. Разработка проблемно-ориентированных математических моделей для оценки эффективности проектных решений и оптимизации ТТХ кораблей: НИР-3150. – СПб.: Изд. ВМА, 1993.
5. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций. – М.: Советское радио, 1964.
6. Кофман Л. И. Временные характеристики действий экипажа при борьбе с корабельными пожарами: Темат. сб. материалов конференции ВМФ, посвященной 100-летию развития науки «живучесть» корабля. – СПб.: Изд. ВМА, 1994. ■

В настоящее время большое количество проектных бюро и судостроительных корпораций используют системы компенсации корабельных магнитных полей, серийные поставки которых обеспечивают несколько фирм-производителей. Поставщики такой аппаратуры имеют собственные оригинальные решения при разработке систем размагничивания. В любом подобном изделии по-разному реализованы структура, функционирование, комплектность, элементная база, и в каждом случае имеются свои преимущества и свои недостатки, которые необходимо учитывать при эксплуатации. Используя 50-летний

опыт разработки систем компенсации магнитных полей, АО «НПФ «Меридиан» успешно решает проблемы, появляющиеся на пути создания мощной преобразовательной техники. Одна из основных проблем, возникающих при разработке статических преобразователей, – увеличение КПД. Далее будет рассмотрена возможность решения этой проблемы.

Сегодня практически во всех статических преобразователях для регулировки тока обмоток корабля используется мостовая схема из четырех транзисторов. В результате экспериментов с новой техникой и наблюдений за функционированием серийных изделий выяснилось, что самые большие потери происходят при работе силовых ключей. Чем больше частота переключений транзисторов, тем больше потери мощности. Существенный вклад в потери мощности в импульсных источниках питания вносит эффект обратного восстановления опозитных диодов. Проблема усугубляется тем, что ток обратного восстановления увеличивается с повышением рабочей температуры и критической скорости нарастания тока di/dt .

Решение проблемы потерь мощности и теоретический расчет. Разработчики АО «НПФ «Меридиан» решили проблему потери мощности следующим образом: ток обратного восстановления и коммутационные потери могут быть снижены путем замены кремниевых транзисторов на карбид-кремниевые. Основное преимущество карбид-кремниевых транзисторов – высокие динамические характеристики, поскольку они имеют низкие энергии включения и отключения, крайне малый заряд обратного восстановления, который обусловлен барьерной емкостью, а не накоплением заряда.

В серийной аппаратуре до настоящего времени применялись исключительно кремниевые IGBT-транзисторы. В рамках данной статьи приведен расчет, показывающий, насколько велика разница в динамических потерях мощности между кремниевыми и карбид-кремниевыми транзисторами.

В первую очередь определим потери мощности для сборки из кремниевых транзисторов (рис. 1), используемых до настоящего времени в серийных преобразователях тока. Каждая такая сборка представляет собой полумостовую схему из двух кремниевых транзисторов. На выходе преобразователя используется конструкция из двух кремниевых транзисторных сборок, соединенных в мостовую схему.

Расчет выполним на примере одного канала статического преобразователя. Каждый канал работает на обмотку размагничивания сопротивлением 20 Ом и имеет нагрузочную способность до 10 А в режиме постоянного тока. Как следствие, напряжение на обмотке размагничивания составляет 200 В. Как было упомянуто, средний ток нагрузки (обмотки

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В МОЩНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ КОРАБЕЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В.В. Фогель, инженер 2-й категории,

Е.А. Густякова, инженер, АО «НПФ «Меридиан»,

контакт. тел. (812) 602 0375, доб.134

размагничивания) I достигает значения 10 А. С учетом формы напряжения коэффициент заполнения

$$\delta = \frac{t_{\text{имп}}}{T} = \frac{0,187}{0,224} = 0,83, \quad (1)$$

где $t_{\text{имп}}$ – время импульса (значение взято при измерениях осциллограммы на реальном канале прибора, T – период (значение взято при измерениях осциллограммы на реальном канале прибора).

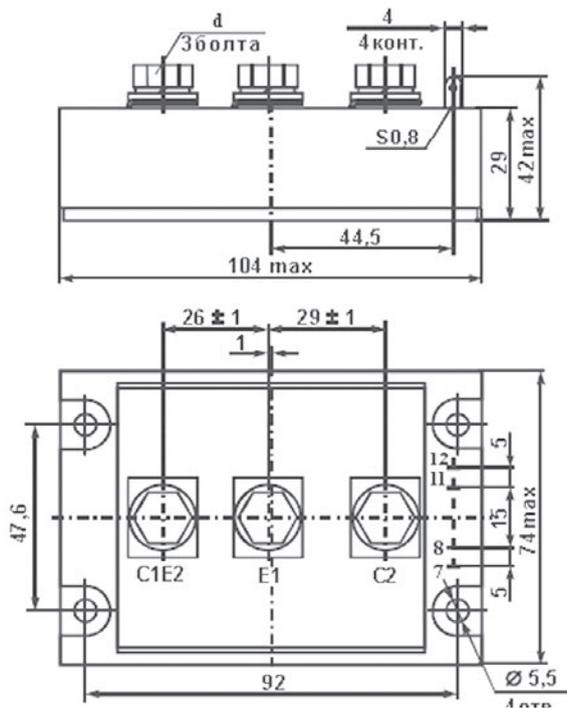


Рис. 1. Габаритный чертеж модуля

Средний ток, проходящий через транзистор,

$$I_{\text{AVE IGBT}} = E \cdot I = 0,83 \cdot 10 = 8,3 \text{ А}. \quad (2)$$

Средний ток, идущий на обратный диод,

$$I_{\text{AVE FRW}} = (1 - \delta) \cdot I = 1,7 \text{ А}. \quad (3)$$

Прямые потери мощности на транзисторе

$$P_{\text{CI IGBT}} = I_{\text{AVE IGBT}} \cdot U_{\text{SAT IGBT}} = 8,3 \text{ А} \cdot 2,5 \text{ В} = 20,75 \text{ Вт}, \quad (4)$$

где $U_{\text{SAT IGBT}}$ – падение напряжения на транзисторе (справочные данные).

Прямые потери на обратном диоде

$$P_{\text{CI FRW}} = I_{\text{AVE FRW}} \cdot U_{\text{SAT FRW}} = 1,7 \text{ А} \cdot 2,1 \text{ В} = 3,57 \text{ Вт}, \quad (5)$$

где $U_{\text{SAT FRW}}$ – падение напряжения на обратном диоде (справочные данные).

Коммутационные потери мощности в транзисторе

$$P_{SWIGBT} = E_{TOT} \cdot F = 7 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot 5000 \text{ Гц} = 35 \text{ Вт.} \quad (6)$$

Энергия потерь включения и выключения (справочные данные)

$$E_{TOT} = E_{вкл} + E_{выкл} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} + 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ Дж,} \quad (7)$$

где F – частота переключения транзистора.

Коммутационные потери мощности на обратном диоде

$$P_{SWFRW} = E_{RR} \cdot F = 10,8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot 5000 \text{ Гц} = 54 \text{ Вт.} \quad (8)$$

Энергия обратного восстановления на один импульс

$$E_{RR} = \int_0^{T_{frw}} p(t) dt = \int_0^{T_{frw}} U(t) \cdot I(t) dt = U \cdot I \cdot T_{frw} = 300 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} = 10,8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.} \quad (9)$$

Время обратного восстановления оппозитного диода

$$T_{frw} = \frac{Q_{frw}}{I_{cp}} = \frac{36 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{10 \text{ А}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 3,6 \text{ мкс.} \quad (10)$$

В результате выясняется, что, получая мощность 2 кВт на обмотке размагничивания, имеем потери мощности на транзисторной мостовой схеме канала статического преобразователя:

$$P_{TOT} = P_{CIIGBT} + P_{CIFRW} + P_{SWIGBT} + P_{SWFRW} = 20,75 + 3,57 + 35 + 54 = 113,32 \text{ Вт.} \quad (11)$$

Такие потери существенно влияют на КПД прибора.

Теперь выполним такой же расчет потерь мощности для мостовой схемы из карбид-кремниевых транзисторов. Для расчета выбрана транзисторная сборка, которая состоит из четырех силовых транзисторов, соединенных в мостовую схему. Для работы канала прибора необходима одна такая сборка (рис. 2).

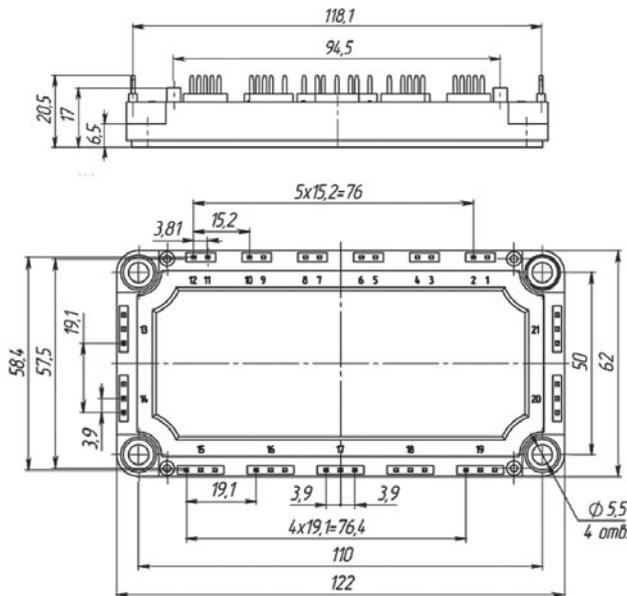


Рис. 2. Габаритный чертеж модуля

Прямые потери мощности на транзисторе

$$P_{CIIGBT} = I_{AVEIGBT} \cdot U_{SATIGBT} = 8,3 \text{ А} \cdot 0,63 \text{ В} = 5,23 \text{ Вт,} \quad (12)$$

где $I_{AVEIGBT}$ – средний ток через транзистор, $U_{SATIGBT}$ – падение напряжения на транзисторе (справочные данные).

Прямые потери на обратном диоде

$$P_{CIFRW} = I_{AVEFRW} \cdot U_{SATFRW} = 1,7 \text{ А} \cdot 2 \text{ В} = 3,4 \text{ Вт,} \quad (13)$$

где I_{AVEFRW} – средний ток через обратный диод, U_{SATFRW} – падение напряжения на обратном диоде (справочные данные).

Коммутационные потери мощности в транзисторе

$$P_{SWIGBT} = E_{TOT} \cdot F = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot 5000 \text{ Гц} = 8,5 \text{ Вт.} \quad (14)$$

Энергия потерь включения и выключения (справочные данные)

$$E_{TOT} = E_{вкл} + E_{выкл} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} + 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Дж,} \quad (15)$$

где F – частота переключения транзистора.

Далее найдем

$$P_{SWFRW} = E_{RR} \cdot F = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot 5000 \text{ Гц} = 15 \text{ Вт;} \quad (16)$$

$$E_{RR} = \int_0^{T_{frw}} p(t) dt = \int_0^{T_{frw}} U(t) \cdot I(t) dt = U \cdot I \cdot T_{frw} = 300 \text{ В} \cdot 10 \text{ А} \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж;} \quad (17)$$

$$T_{frw} = \frac{Q_{frw}}{I_{cp}} = \frac{406 \cdot 10^{-9}}{10} = 0,4 \text{ мкс;} \quad (18)$$

$$P_{TOT} = P_{CIIGBT} + P_{CIFRW} + P_{SWIGBT} + P_{SWFRW} = 2,49 + 3,4 + 18,5 + 1,2 = 25,6 \text{ Вт.} \quad (19)$$

Сравнивая значения формул (11) и (19), можно заметить, что разница в потерях мощности кремниевых и карбид-кремниевых транзисторов, находящихся в одинаковых условиях, довольно существенная. Приведенный расчет потерь мощности показывает, что одна сборка из карбид-кремниевых транзисторов может заменить сразу две сборки из кремниевых транзисторов для работы канала прибора.

Существенный недостаток транзисторныхборок на карбиде кремния – их высокая стоимость. Цена на карбид-кремниевую полупроводниковую элементную базу выше в 2 раза и более, чем на кремниевую. Это объясняется тем, что они изготовлены по новой технологии, которая на данный момент плохо освоена. Если за рубежом уже давно начато производство полупроводниковой элементной базы на основе карбида кремния, то в России подобное производство еще только начинает осваиваться. Особенность технологии – в сложности травления карбида кремния. При комнатной температуре материал не травится кислотами. Он не вступает в реакцию с минеральными кислотами любых концентраций, в том числе и с плавиковой кислотой. Вследствие большой твердости подложки из карбида кремния очень плохо поддается механической обработке. Именно поэтому на данный момент транзисторы на основе карбида кремния имеют такую высокую стоимость. Разумно предположить, что по мере освоения данной технологии стоимость карбид-кремниевых транзисторов будет снижаться, как было с кремниевыми IGBT-транзисторами после их появления на рынке.

Выводы

Сравнение значений формул (11) и (19) показывает, что в мощных статических преобразователях целесообразно заменить кремниевые транзисторы на SiC-транзисторы. Данная модернизация позволит:

- увеличить КПД статического преобразователя;
- увеличить температурную стабильность работы силовой части прибора;
- улучшить массогабаритные характеристики.

В настоящее время АО «НПП «Меридиан» активно осуществляет модернизацию систем размагничивания обмоток дополнительных установок (ДУ) по многим направлениям, включая увеличение значения КПД статических преобразователей, и благодаря этому оно остается одним из основных приборостроительных предприятий российского судостроения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Изд-во БИНОМ, 2015. – 704 с. ■

Специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ» разрабатываются различные металлоконструкции и электротехнические изделия для судостроительной промышленности. Устанавливаемые на кораблях металлоконструкции и электротехнические изделия в процессе эксплуатации судна подвергаются качке и периодическим наклонам, вследствие чего нарушается их работоспособность. Для того чтобы определить эксплуатационные возможности и повысить надежность узлов конструкций и аппаратуры при воздействии на них качки и длительных наклонов, предлагается спроектировать испытательный стенд на основе пространственного шарнирного механизма Беннетта (рис. 1) [1].

Шатун выполнен в виде плоской плиты 3, на которой будут присутствовать крепежные элементы для закрепления на ней испытываемого устройства. Установить плиту было решено на два сферических шарнира 12, 13. Валы стойки и шатуна вращаются в подшипниках 6 и 7, установленных в антифрикционных втулках 10, 11 и защищенных манжетами 8 и 9. К ведущему валу 1 подсоединен электродвигатель, сообщаящий входному звену равномерное вращательное движение с угловой скоростью ω_1 .

Для того чтобы определить степень подвижности спроектированного устройства, была составлена его структурная схема (рис. 2). При ее составлении были соблюдены необходимые условия проворачиваемости, применяемые для механизма Беннетта [5]:

1) длины кратчайших расстояний между осями кинематических пар противоположащих звеньев равны;

2) геометрические оси противоположных кинематических пар развернуты относительно друг друга на равные углы: $\alpha_1 = \alpha_3, \alpha_2 = \alpha_4$;

3) концы кратчайших расстояний звеньев совпадают;

4) выполняется равенство

$$\frac{L_1(L_3)}{\sin(\alpha_1(\alpha_3))} = \pm \frac{L_2(L_4)}{\sin(\alpha_2(\alpha_4))}. \quad (1)$$

Тогда подвижность для пространственного 4R механизма будет определяться формулой [2]

$$W = 6 \times (n - 1) - 5p + S, \quad (2)$$

где S – число согласованных размеров (для четырехзвенных механизмов $S = 3$); n – количество звеньев механизма.

Подставив в формулу (2) значения $S = 3$ и $n = 4$, получим степень подвижности механизма, равной 1. Это значит, что достаточно задать одну координату любому звену механизма в системе координат, жестко связанной со станиной, чтобы определить положения всех остальных звеньев, т. е. в нашем случае достаточно задаться углом поворота кривошипа.

МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ КАЧКИ И ДЛИТЕЛЬНЫХ НАКЛОНОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА

М.А. Александров, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор,
Н.А. Грибенюк, инженер-конструктор 2-й категории,
ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1051, +7(911) 260 4936

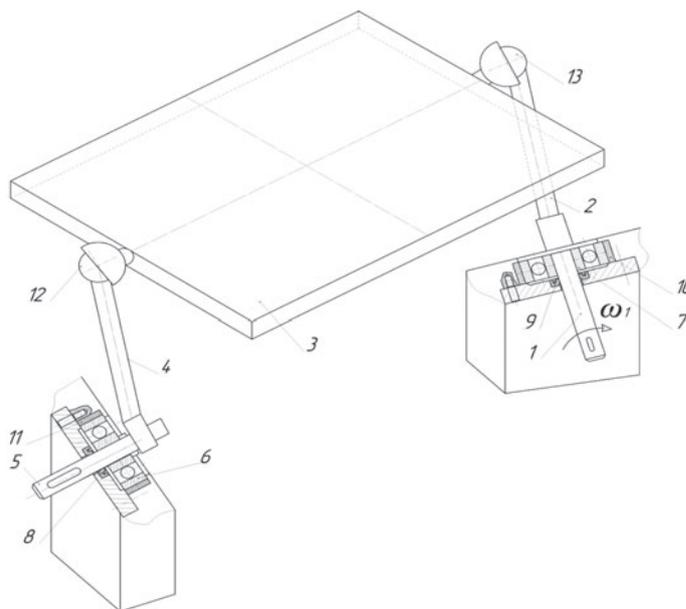


Рис. 1. Схемно-конструктивная модель устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов
1 – ведущий вал; 2, 4, 5 – звенья механизма; 3 – установочная плита; 6, 7 – подшипники; 8, 9 – защитные манжеты; 10, 11 – антифрикционные втулки; 12, 13 – сферические шарниры

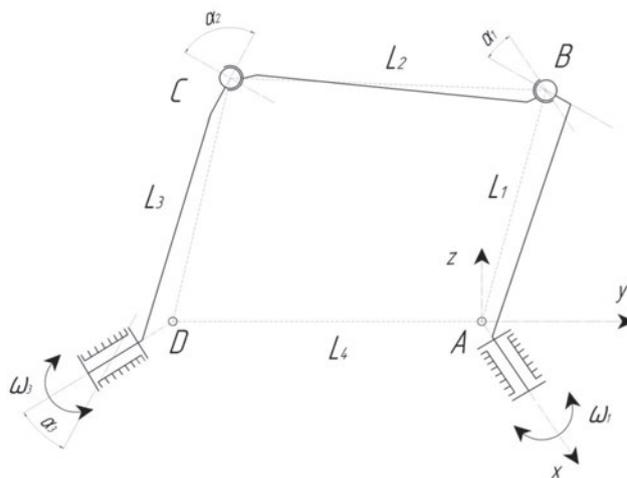


Рис. 2. Структурная схема устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов

A, B – цилиндрические шарниры; C, D – сферические шарниры; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – углы относительного разворота осей шарниров; L_1, L_2, L_3, L_4 – длины звеньев механизма; ω_1 – угловая скорость ведущего звена; ω_3 – выходная скорость ведомого звена

С учетом вышеописанных условий были выбраны необходимые исходные данные для определения конструкции и кинематики устройства:

- первое звено – кривошип АВ длиной $L_1 = 300$ мм – совершает вращательное движение вокруг оси O (полный оборот);
- второе звено – шатун АВ длиной $L_2 = 372,6$ мм – совершает сложное плоско-параллельное движение;
- третье звено ВС – коромысло CD длиной $L_3 = 300$ мм – совершает возвратно-вращательное движение вокруг оси C (неполный оборот);
- четвертое звено AD ($L_4 = 372,6$ мм) – стойка (станина) – неподвижное звено;
- $\alpha_1 = \alpha_3 = 210^\circ$, $\alpha_2 = \alpha_4 = 120^\circ$.

Задача определения кинематики данного устройства была решена с помощью метода, описанного В. А. Зиновьевым [3]. Составлена кинематическая схема устройства (рис. 3). Ось Ox неподвижной системы координат $Oxyz$ выбрана совпадающей с осью вращения коромысла DC. В направлении оси Oz располагается отрезок OE перпендикуляра, определяющего кратчайшее расстояние между осью Ox и отрезком EA вращения кривошипа 1. Ось Oy перпендикулярна к осям Ox и Oz и образует с ними правую систему координат.

Дополнительно к основной системе $Oxyz$ с кривошипом связана вспомогательная система $Ax_1y_1z_1$, в которой Ay_1 есть ось вращения кривошипа 1, ось Az_1 параллельна оси Oz и ось Ax_1 перпендикулярна осям Ay_1 и Az_1 и образует с ними правую систему. Кривошип 1 вращается в плоскости Ax_1z_1 и его положение определяется углом α_{11} . Положение коромысла 3 определяется углом β_3 .

Определим проекции вектора L_{DB} при его положении $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$:

$$\begin{aligned} X_{DB} &= -L_{OD} + L_1 \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11}) + \\ &+ L_{EA} \cdot \cos(\alpha_1) = -234 + 300 \cdot \sin(210^\circ) \cdot \\ &\cdot \cos(60^\circ) + 486 \cdot \cos(210^\circ) = -137,38 \text{ мм}; \\ Y_{DB} &= -L_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11}) + \\ &+ L_{EA} \cdot \sin(\alpha_1) = -300 \cdot \cos(210^\circ) \cdot \\ &\cdot \cos(60^\circ) + 486 \cdot \sin(210^\circ) = 268,21 \text{ мм}; \\ Z_{DB} &= L_1 \cdot \sin(\alpha_1) + L_{OE} = \\ &= 300 \cdot \sin(210^\circ) + 212,35 = -84,44 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения положения проекции вектора L_{DB} (рис. 4).

Определим вспомогательную величину δ при $\alpha_{11} = 60^\circ$:

$$\begin{aligned} \text{tg} \delta &= \frac{Z_{DB}}{Y_{DB}} = \frac{-84,44}{268,21} = -3,98; \\ \cos \delta &= 0,254; \\ \sin \delta &= -0,96. \end{aligned}$$

Определим положение вектора L_{DB} , воспользовавшись уравнением

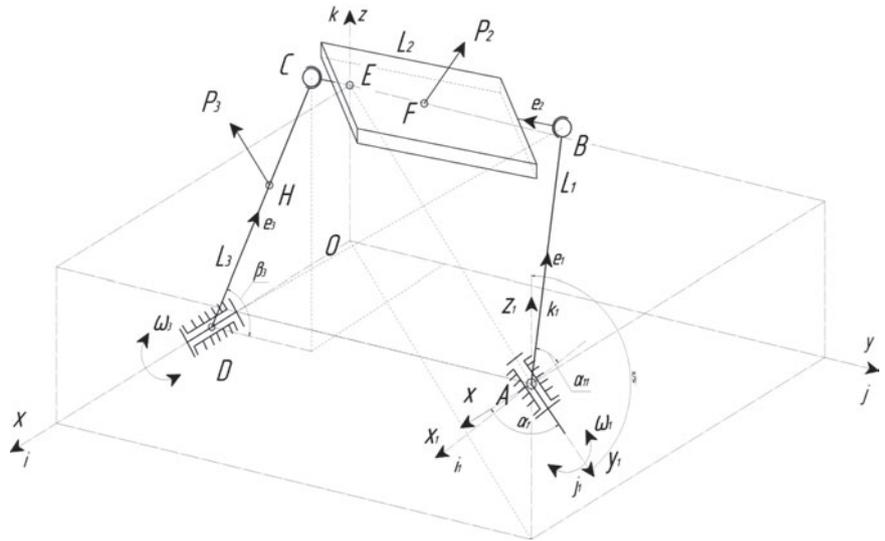


Рис. 3. Кинематическая схема устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов

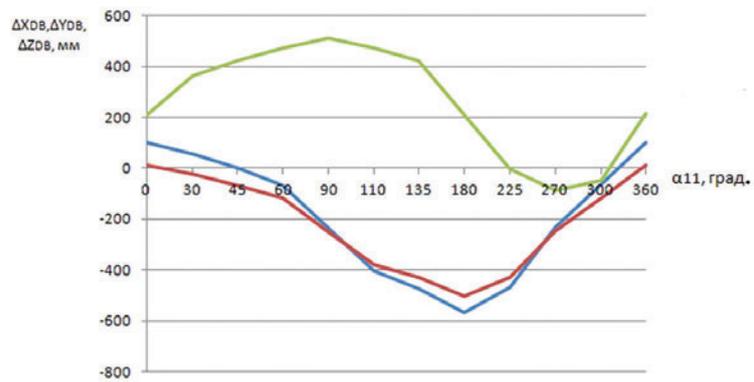


Рис. 4. График изменения положения проекции вектора L_{DB}

— x_{DB} , — y_{DB} , — z_{DB}

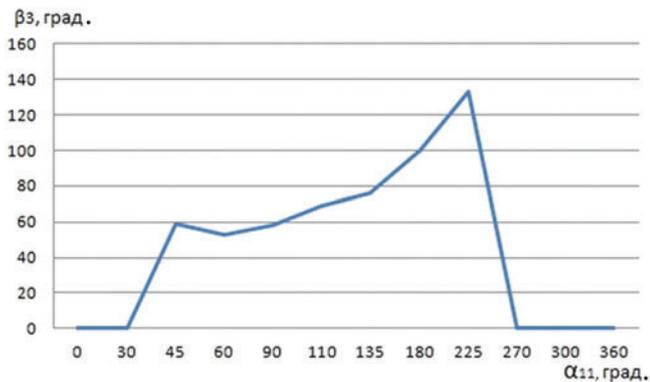


Рис. 5. График изменения положения угла поворота коромысла

$$\begin{aligned} u &= \frac{L_{DB}^2 - L_2^2 + L_3^2}{2} = \\ &= \frac{234^2 - 372,6^2 + 300^2}{2} = 8,65. \\ \text{Обозначая } \text{tg} \delta &= \frac{Z_{DB}}{Y_{DB}}, \text{ найдем угол } \beta_3: \\ \beta_3 &= \delta + \frac{\arccos(u \cdot \cos \delta)}{L_3 \cdot Y_{DB}} = 279^\circ + \\ &+ \arccos\left(\frac{8,65 \cdot (0,254)}{300 \cdot (-118,5)}\right) = \\ &= 279^\circ + \arccos\left(-\frac{14,01}{80463}\right) = 58^\circ. \end{aligned}$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения положения угла поворота коромысла 3 β_3 (рис. 5).

Направляющие косинусы шатуна 2 при $\alpha_{11} = 60^\circ$ рассчитываем по формулам

$$\begin{aligned} x_2 &= -\frac{X_{DB}}{L_2} = -\frac{(-137,38)}{372,6} = 0,36; \\ y_2 &= -\frac{Y_{DB}}{L_2} + \frac{L_3}{L_2} \cdot \cos \beta_3 = -\frac{268,21}{372,6} + \\ &+ \frac{300}{372,6} \cdot \cos(58^\circ) = -0,484; \end{aligned}$$

$$z_2 = -\frac{Z_{DB}}{L_2} + \frac{L_3}{L_2} \cdot \sin \beta_3 = -\frac{(-84,44)}{372,6} + \frac{300}{372,6} \cdot \sin(58^\circ) = -0,544.$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения положения направляющих косинусов шатуна 2 (рис. 6).

Далее переходим к определению скоростей и ускорений. Для этого зададимся постоянной угловой скоростью кривошипа ω_1 , равной 10 рад/с, и положением коромысла 1, которое определено углом $\alpha_{11} = 60^\circ$. Вычисляем скалярные произведения ортов $e'_1 e_2$:

$$\begin{aligned} e'_1 e_2 &= (-i \sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11}) + j \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_{11}) + k \cos(\alpha_{11})) \cdot (i x_2 + j y_2 + k z_2) = \\ &= x_2 \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_{11}) + y_2 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_{11}) + z_2 \cdot \cos(\alpha_{11}) = -0,56 \cdot \sin(210^\circ) \cdot \sin(60^\circ) + (-1,85) \cdot \cos(210^\circ) \cdot \sin(60^\circ) + 0,39 \cdot \cos(60^\circ) = -0,81. \end{aligned}$$

Вычисляем скалярные произведения ортов $e'_3 e_2$:

$$\begin{aligned} e'_3 e_2 &= (-j \sin(\beta_3) + k \cos(\beta_3)) \cdot (i x_2 + j y_2 + k z_2) \cdot \beta'_3 = (-y_2 \cdot \sin(\beta_3) + z_2 \cdot \cos(\beta_3)) \cdot \beta'_3 = \\ &= -(-1,85) \cdot \sin(58^\circ) + 0,39 \cdot \cos(58^\circ) \cdot \beta'_3 = -0,934 \cdot \beta'_3. \end{aligned}$$

После подстановки указанных скалярных произведений ортов можно определить аналог угловой скорости коромысла β'_3 :

$$\begin{aligned} L_1 \cdot e'_1 e_2 - L_3 \cdot e'_3 e_2 &= 0; \\ 300 \cdot (-0,81) - 300 \cdot (-0,934 \cdot \beta'_3) &= 0; \\ -243 + 280,2 \cdot \beta'_3 &= 0; \end{aligned}$$

$$\beta'_3 = \frac{243}{280,2} = 0,867 \text{ (соответств. } 61^\circ).$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения аналога угловой скорости коромысла β'_3 (рис. 7).

Определяем проекции аналога угловой скорости:

$$\begin{aligned} x'_2 &= \frac{L_1 \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_{11})}{L_2} = \\ &= \frac{300 \cdot \sin(210^\circ) \cdot \sin(60^\circ)}{372,6} = -0,201; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y'_2 &= -\frac{L_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_{11})}{L_2} - \\ &\quad - \frac{L_3 \cdot \sin(\beta_3) \cdot \beta'_3}{L_2} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= -\frac{300 \cdot \cos(210^\circ) \cdot \sin(30^\circ)}{372,6} - \\ &\quad - \frac{300 \cdot \sin(58^\circ) \cdot (0,867)}{372,6} = \\ &= 0,384 - 0,005 = 0,379; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z'_2 &= \frac{L_1 \cdot \cos(\alpha_1)}{L_2} + \frac{L_3}{L_2} \cdot \cos \beta_3 \cdot \beta'_3 = \\ &= \frac{300 \cdot \cos(30^\circ)}{372,6} + \frac{300}{372,6} \cdot \cos(58^\circ) \cdot \\ &\quad \cdot 0,867 = 0,697 + 0,001 = 0,698. \end{aligned}$$

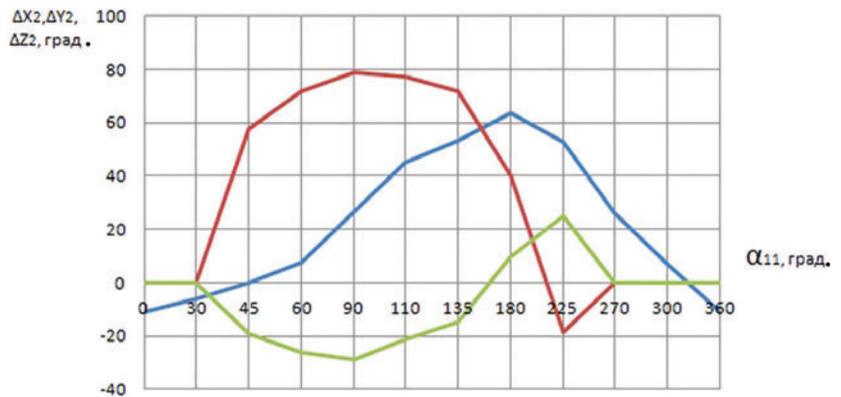


Рис. 6. График изменения положения направляющих косинусов шатуна 2

— x_2 , — y_2 , — z_2

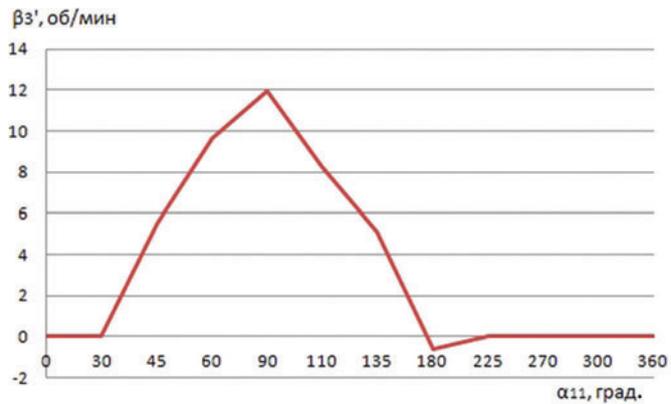


Рис. 7. График изменения аналога угловой скорости коромысла β'_3

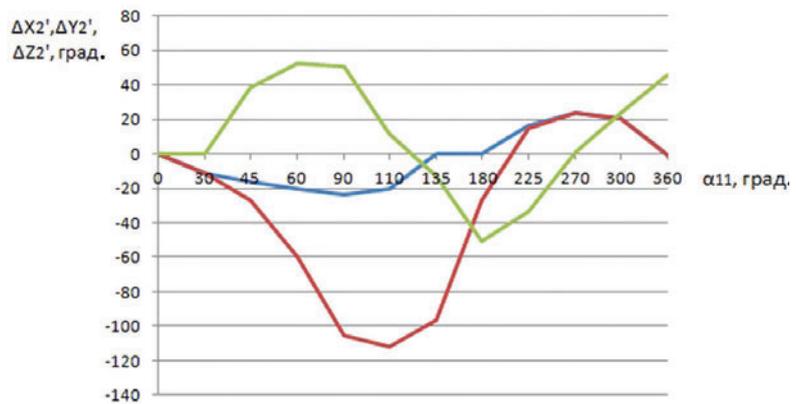


Рис. 8. График изменения проекции аналога угловой скорости β'_3 в проекциях на основную систему координат

— x'_2 , — y'_2 , — z'_2

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения проекции аналога угловой скорости β'_3 (рис. 8).

Далее переходим к решению задач об ускорениях. При этом будем считать, что угловое ускорение кривошипа 1 ε_1 равно нулю.

$$\begin{aligned} e''_1 e_2 &= (-i \sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11}) + j \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11}) - k \sin(\alpha_{11})) \cdot \\ &\quad \cdot (i x_2 + j y_2 + k z_2) = \\ &= 0,56 \cdot \sin(210^\circ) \cdot \cos(60^\circ) - 1,85 \cdot \cos(60^\circ) \cdot \cos(210^\circ) + 0,39 \cdot \sin(60^\circ) = -0,623; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e''_3 e_2 &= [(-j \cos(\beta_3) - k \sin(\beta_3)) \cdot \beta_3^2 + (-j \sin(\beta_3) + k \cos(\beta_3)) \cdot \beta_3^2] \cdot \\ &\quad \cdot (i x_2 + j y_2 + k z_2) = \\ &= -(-1,85) \cdot \cos(58^\circ) - 0,39 \cdot \sin(58^\circ) \cdot \\ &\quad \cdot 0,76^2 + (-(-1,85) \cdot \sin(58^\circ) + \\ &\quad + 0,39 \cdot \cos(58^\circ) \cdot \beta_3) \cdot \beta_3 = 1,261 - 0,164 + \\ &\quad + (1,83 + 0,265) \cdot \beta_3 = \\ &= 1,097 + 2,095 \cdot \beta_3; \\ e_2 e''_2 &= -(x_2^2 + y_2^2 + z_2^2) = \\ &= -(0,56^2 + (-1,85)^2 + 0,39^2) = -3,922. \end{aligned}$$

После подстановки указанных скалярных произведений ортов, можно определить аналог углового ускорения коромысла β''_3 :

$$L_1 e''_1 e_2 + L_2 e''_2 e_2 - L_3 e''_3 e_2 = 0;$$

$$300 \cdot (-0,623) + 372,6 \cdot (-3,922) -$$

$$-300 \cdot (1,097 + 2,095 \cdot \beta''_3) = 0;$$

$$-186,9 - 1461,33 - 957,6 \cdot \beta''_3 = 0;$$

$$\beta''_3 = \frac{186,9 + 1461,33}{-957,6} = -1,721.$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения проекции аналога углового ускорения β''_3 (рис. 9).

Вычислим вторые производные проекции орта e_2 шатуна 2:

$$x''_2 = \frac{L_1 \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11})}{L_2} =$$

$$= \frac{300 \cdot \sin(210^\circ) \cdot \cos(60^\circ)}{372,5} = -0,149;$$

$$y''_2 = -\frac{L_1 \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_{11})}{L_2} -$$

$$- \frac{L_3 \cdot \cos(\beta_3) \cdot \beta_3'^2 + \sin(\beta_3) \cdot \beta_3''}{L_2} =$$

$$= -\frac{300 \cdot \cos(210^\circ) \cdot \cos(60^\circ)}{372,6} -$$

$$- \frac{300 \cdot \cos(58^\circ) \cdot 0,76^2 + \sin(52^\circ) \cdot (-1,721)}{372,6} =$$

$$= -1,1;$$

$$z''_2 = \frac{L_1 \cdot \sin(\alpha_{11})}{L_2} + \frac{L_3 \cdot \sin(\beta_3) \cdot \beta_3'^2 +}{L_2} + \cos \beta_3 \cdot \beta_3'' =$$

$$= \frac{300 \cdot \sin(60^\circ)}{372,6} + \frac{300}{372,6} \cdot \sin(58^\circ) \cdot$$

$$\cdot 0,76^2 + \cos(58^\circ) \cdot (-1,721) = 14,4.$$

Подставляя значения $\alpha_{11} \in (0^\circ; 360^\circ)$, получаем график изменения проекции аналога углового ускорения β''_3 в проекциях на основную систему координат (рис. 10).

Поскольку значение угловой скорости кривошипа $\omega_1 = 10$ рад/с и $\varepsilon_1 = 0$, получим значение угловой скорости и ускорения ведомого кривошипа 3:

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot \beta'_3 = 10 \cdot 0,55 = 5,5 \text{ рад/с};$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_1 \cdot \beta'_3 + \omega_1^2 \cdot \beta''_3 = 10^2 \cdot 0,137 = 13,7 \text{ рад/с}^2.$$

По результатам вычислений кинематических характеристик составим графики полученных скоростей и ускорений (рис. 11).

В результате исследования кинематики устройства для испытания изделий на непериодические колебания были получены следующие результаты:

1. С помощью конструктивных преобразований схемы механизма Беннетта была разработана схемно-конструктивная модель устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов со степенью подвижности $W = 1$.

2. Используя структурную схему модели путем изменения длин звеньев и углов скрещивания шарниров, можно компоновать различные варианты ис-

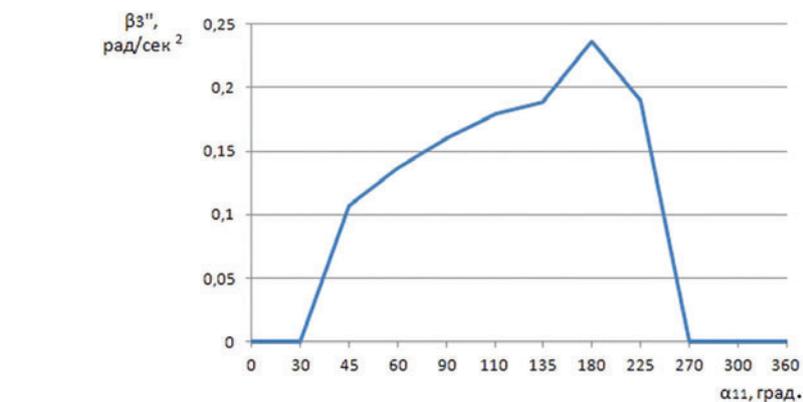


Рис. 9. График изменения проекции аналога углового ускорения β''_3

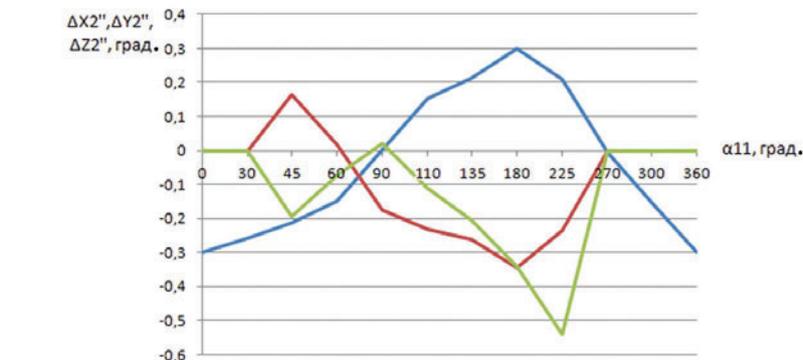


Рис. 10. График изменения проекции аналога углового ускорения β''_3 в проекциях на основную систему координат

— x''_2 , — y''_2 , — z''_2

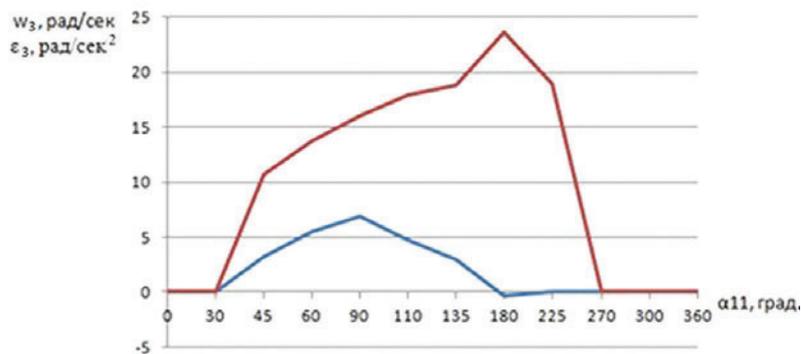


Рис. 11. График изменения угловой скорости ω_3 и углового ускорения ε_3

— ω_3 , — ε_3

полнения такого устройства в зависимости от предполагаемой приходящейся на его звенья нагрузки и необходимого характера движения стола с изделием [4, 6].

3. Анализ изменения положения направляющих косинусов шатуна 2 выявил его синусоидальный характер. Это говорит о том, что шатун совершает колебательные движения в пространстве, характерные для условий качения, тряски.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников Л. Т. Нетрадиционные рассуждения о существовании механизма Беннетта // Теория механизмов и машин. – 2009. – № 1 (13). – С. 5–10.

2. Диментберг Ф. М. Теория пространственных шарнирных механизмов. – М.: Наука. 1982, с. 336.

3. Зиновьев В. А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука. 1972. – С. 384.

4. Мингазов М. Р., Яруллин М. Г. Синтез структурных модификаций механизма Беннетта // Современное машиностроение. Наука и образование: Мат-лы 4-й Международ. науч.-практ. конференции/Под ред. М. М. Радкевича и А. Н. Евграфова. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та. 2014. – № 4. – С. 271–280.

5. Яруллин М. Г., Хабибуллин Ф. Ф. Теоретические и практические условия проворачиваемости механизма Беннетта // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева. – 2014. – Т. 70. – № 1. – С. 75–80.

6. Мудров А. Г. Механизм Беннетта и использование его в технике. – Казань: КГСХА, 1999, с. 80. ■

Газотурбинный двигатель (ГТД) – сложнейший объект как по конструкторско-технологической размерности, так и по числу инженерных решений и ноу-хау, заложенных в его конструкцию и производство. Узлы компрессора, камеры сгорания и турбины определяют облик двигателя. Каждый узел вносит свой вклад в такие важнейшие параметры машины, как вес, ресурс, мощность, эффективность, обеспечение которых – сложнейший комплекс конструкторско-технологических задач, при решении которых учитываются последние достижения науки и техники.

Развитие корабельных ГТД шло в соответствии с ужесточением требований к силовой установке и обеспечивалось повышением параметров рабочего процесса, применением новых материалов, перспективных технологий и новых технических решений.

К настоящему времени ведущими зарубежными энергомашиностроительными фирмами было освоено производство корабельного ГТД нового 5-го поколения. К двигателям такого поколения бесспорно относится самый мощный в линейке корабельных ГТД двигатель МТ30 корпорации Rolls-Royce, мощностью 36 МВт и КПД более 40 %, конвертированный из авиационного двигателя Trent 800, а также двигатель сложного цикла WR-21 мощностью 25,9 МВт и КПД 43,7% англо-американских корпораций Rolls-Royce-Northrop Grumman и Westinghouse Marine Division.

Проблема целесообразности или нецелесообразности разработки более совершенных корабельных ГТД на сегодняшний день как никогда актуальна. В ПАО «ОДК-Сатурн» ведутся работы по формированию научно-технического задания, необходимого для создания морских ГТД 5-го поколения. Совместно с отраслевыми институтами, в том числе ЦИАМ им. Баранова и «Крыловским государственным научным центром»,

ОБЩАЯ ПРОБЛЕМАТИКА РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОРАБЕЛЬНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ВМФ

В.В. Барановский, д-р техн. наук, проф.,
К.А. Ефремов, капитан 2 ранга, адъюнкт, ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. +7(905) 255 2546, +7(911) 218 2272

выполнен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по формированию облика таких ГТД. По итогам этих работ выполнено предварительное проектирование в рамках НИР, разработаны техническое задание и соответствующие предложения для федеральной целевой программы [1].

В процессе формирования научно-технического задания ПАО «ОДК-Сатурн» предложено несколько вариантов разработки перспективного ГТД, способы разработки которых обозначены в табл. 1 (варианты 1–5).

По мнению специалистов кафедры энергетических установок (неядерных) ВУНЦ ВМФ «ВМА», целесообразно рассмотреть возможность создания отечественного ГТД путем его конвертации из авиационного двигателя ПД14 или разрабатываемого двигателя ПД35 (см. табл. 1, вариант 6).

На современном этапе следует рассматривать несколько потенциально возможных способов разработки и создания перспективных корабельных ГТД нового поколения.

Каждый из рассматриваемых способов имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Предопределяет целесообразность либо нецелесообразность разработки двигателя прежде

всего стоимость опытно-конструкторских работ, предварительная оценка которой представляет наибольшую трудность.

Нормативно-правовой базой при ценообразовании установлено, что цена ОКР и НИР в сфере оборонного заказа может быть определена несколькими методами: калькулирования, индексации статей затрат, аналоговым методом, методом экспертных оценок, а также комбинацией перечисленных методов.

Калькулирование – основной метод расчета цен на НИР и ОКР.

Аналоговый метод используется для определения цен НИР и ОКР по аналогичным, ранее выполненным работам, а также на модернизируемые образцы серийных изделий, применяется в комбинации с методами калькулирования и индексирования.

Метод экспертных оценок применяется для определения цены на выполненные работы при отсутствии возможности ее установления методами калькуляции, индексирования, аналоговым методом или их комбинаций.

Расчет цены ОКР, НИР и технологических работ аналоговым методом проводят, исходя из состава и величины фактических затрат ранее выполненных аналогичных работ с применением

Таблица 1

Способы разработки перспективного корабельного ГТД и ожидаемые результаты

Характеристики ГТД	Вариант 1 поколение 4+	Вариант 2 поколение 4+	Вариант 3 поколение 4+	Вариант 4 поколение 4++	Вариант 5 поколение 4++	Вариант 6 поколение 5
	Развитие семейства морских ГТД на базе ГТД М90ФР				Разработка принципиально нового двигателя, схема 5+5/1+1+3	Конвертация ГТД из авиационного двигателя типа ПД-14 (ПД-35)
	М90М максимальный, суперсплавы	М90М1 с нулевой ступенью, $N_{ном}$	М90М2 с 2 доп. ступенями, $N_{ном}$	М90М2 с 2 доп. ступенями, максимальный, суперсплавы		
Мощность N_p , МВт	25	25	25	34	34	15 (35)*
КПД, η_p	0,359	0,359	0,357	0,378	0,381	0,40 – 0,41*
Удельный расход топлива b_p , кг/(кВт·ч)	0,234	0,234	0,236	0,223	0,221	~0,205*
Степень повышения давления π_k	21,1	23,75	24,63	29,19	32,2	~35*
Расход воздуха G_a , кг/с	74,5	83,8	89,0	101,1	110,1	-
Температура газа перед турбиной T_p , К	1561	1503	1480	1597	1591	~1650*
Предполагаемые затраты на ОКР, млрд. руб.	Не менее 3	Не менее 1,5	Не менее 2	Не менее 5	~ 40 – 60	~ 20

* На основе зарубежного опыта создания ГТД МТ-30.

соответствующих «коэффициентов новизны».

Для использования аналогового метода при оценке предполагаемых затрат на НИР и ОКР при разработке и создании перспективного корабельного ГТД можно использовать информацию о ценах на ОКР при разработке авиационного двигателя ПД-35 ПАО «Авиадвигатель», представленную в [2]. В годовом отчете ПАО «ОДК-Сатурн» также содержится информация о стоимости различных ОКР, выполняемых в интересах ВМФ, в частности [3]:

– ОКР «Разработка технологии создания морского унифицированного энерго модуля на базе ранее созданного российского морского ГТД 4-го поколения мощностью 10 МВт для перспективных скоростных судов»; шифр «Модуль ГТД», стоимость – 120,523 млн. руб.;

– ОКР по освоению в производстве ГТД М90ФР для обеспечения комплектации дизель-газотурбинного агрегата М55Р – главной энергетической установки фрегата пр. 22350; шифр «М90ФР», стоимость проекта – 1 712 млн. руб.;

– ОКР по созданию на базе российского морского ГТД М70ФРУ и российских комплектующих, газотурбинных агрегатов для десантных кораблей на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр» и пр. 12061 «Мурена»; шифр «Агрегат ДКВП», стоимость проекта – 6 790 млн. руб.;

ОКР по созданию на базе российского морского ГТД М70ФРУ реверсивного ГТД для замены двигателей украинского производства с истекшими сроками службы на эксплуатирующихся кораблях ВМФ РФ; шифр «М70ФРУ реверс», стоимость проекта – 700 млн. руб.

Поэтому с использованием аналогового метода, ориентируясь на ценовой диапазон НИР и ОКР, выполняемых на ПАО «ОДК-Сатурн» и ПАО «Авиадвигатель», можно предположить, что предстоящие затраты на ОКР при различных способах разработки и создания перспективного корабельного ГТД могут составить от 2 до 60 млрд. руб. (см. табл. 1).

Наиболее существенными затратами будут работы, выполняемые не на основе базовых корабельных или даже авиационных двигателей, а выполняемые с «нуля» (см. табл. 1, вариант 5), предлагаемые ПАО «ОДК-Сатурн». По аналогии можно утверждать, что стоимость создания принципиально нового корабельного двигателя 5-го поколения на ПАО «ОДК-Сатурн» (вариант 5) составит не меньшую величину, чем стоимость разработки авиационного ГТД ПД-35.

Затратные составляющие работ по созданию остальных вариантов пер-

спективных корабельных ГТД, представленных в табл. 1, существенно меньше.

Для оценки целесообразности или нецелесообразности разработки и создания перспективного корабельного двигателя конкретными способами (см. табл. 1), а также для определения наиболее предпочтительного способа разработки требуется проведение технико-экономического анализа использования двигателей в составе главной энергетической установки перспективных или существующих кораблей.

В процессе анализа необходимо установить, во-первых, какие преимущества получают корабли ВМФ при использовании перспективных ГТД. Во-вторых, необходимо оценить экономический эффект от их использования, возможное сокращение эксплуатационных затрат кораблей, прежде всего затрат на топливо.

Для решения перечисленных вопросов изначально необходимо определить валовые мощности (буксировочные кривые) для обеспечения скорости полного хода перспективных кораблей с использованием метода адмиралтейских коэффициентов, на основе существующих кораблей-прототипов с известными буксировочными кривыми:

$$WPS = \frac{D^{2/3} \cdot v^3}{C}, \quad (1)$$

где WPS – валовая мощность, или мощность, подводимая к гребному винту, л.с.; D – водоизмещение перспективного корабля, т, v – скорость хода корабля, уз; C – адмиралтейский коэффициент, определяемый по диаграмме Пампеля.

На ранних стадиях проектирования кораблей, когда еще неизвестны точные значения водоизмещения корабля и характеристики обводов корпуса, для расчетов могут использоваться данные кораблей-прототипов. В этом случае значения адмиралтейских коэффициентов вычисляются на основе известных буксировочных кривых кораблей-прототипов, близких по водоизмещению с проектируемыми кораблями, с использованием зависимости

$$C = \frac{(D)^{2/3} \cdot (v_{\text{пх}}^0)^3}{WPS_{\text{пх}}^0}. \quad (2)$$

Значения адмиралтейского коэффициента колеблется в достаточно широких пределах в зависимости от скорости хода, а также от класса и типа корабля.

Для скоростей полного хода значения коэффициента находятся в пределах:

- авианесущие корабли и тяжелые крейсера – 180–220;
- легкие крейсера и эсминцы – 160–190;
- сторожевые корабли (фрегаты) – 140–160.

Для скоростей экономического хода указанные значения находятся в пределах 240–280.

На основе известных характеристик валовой мощности рассчитывается суммарная мощность главных двигателей $\sum N_e$, т.е. мощность на фланцах двигателей:

$$\sum N_e = \frac{WPS}{\eta_B \cdot \eta_P}, \quad (3)$$

где $\eta_B \approx 0,98$ – КПД валопровода; $\eta_P \approx 0,96 \div 0,98$ – КПД редукторной передачи.

На рис. 1 и рис. 2 представлены буксировочные кривые перспективных многоцелевых кораблей, полученные расчетными способами с использованием метода адмиралтейских коэффициентов и данных кораблей-прототипов.

При расчетах исходили из того, что перспективные корабли не должны уступать зарубежным аналогам по ходкости и маневренности, поэтому скорости полного хода у них должны быть не менее 32 уз для кораблей классов корвет, фрегат и эскадренный миноносец и не менее 29–30 уз для авианесущих кораблей.

Исходя из значения валовой мощности полного хода конкретного корабля, можно рассчитать суммарную мощность на фланцах главных двигателей $\sum N_e$, необходимую для обеспечения скорости полного хода [см. (3)], на основании которой составляется предполагаемое схемное исполнение турбозубчатого агрегата или агрегатов в обеспечение требуемой скорости полного хода корабля. Схемное исполнение агрегата формируется из состава типомощностного ряда уже разработанных (базовых) тепловых двигателей и редукторов или из перспективных двигателей и редукторов, предполагаемых к разработке (см. табл. 1).

На данном этапе при формировании схемы агрегатов можно убедиться в целесообразности разработки перспективных двигателей с последующим их использованием в составе корабельных агрегатов.

Ниже рассмотрим основные варианты схемных решений главных энергетических установок в обеспечение скорости полного хода существующих и перспективных кораблей основных классов, буксировочные кривые которых представлены на рис. 1 и рис. 2.

Так, например, для *перспективного корвета пр. 20386* водоизмещением 3400 т суммарная мощность главных двигателей в обеспечение скорости полного хода корабля в 32 уз должна составлять около 40 000 кВт и может быть обеспечена двумя базовыми газотурбинными двигателями М90ФР 2×20 000 кВт в составе устанавливаемого на корабле агрегата МА3 (рис. 3) [4].

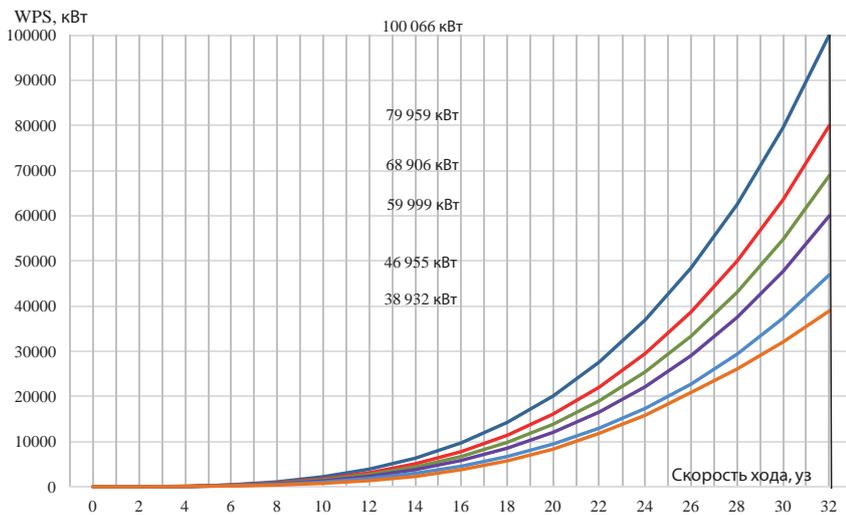


Рис. 1. Приблизительный вид буксировочных кривых перспективных кораблей классов корвет, фрегат и эскадренный миноносец

— ЭМ $D = 14\ 000\ m$; — ЭМ $D = 10\ 000\ m$; — ФР $D = 8000\ m$;
— ФР $D = 6500\ m$; — ФР $D = 4500\ m$; — Кор $D = 3400\ m$

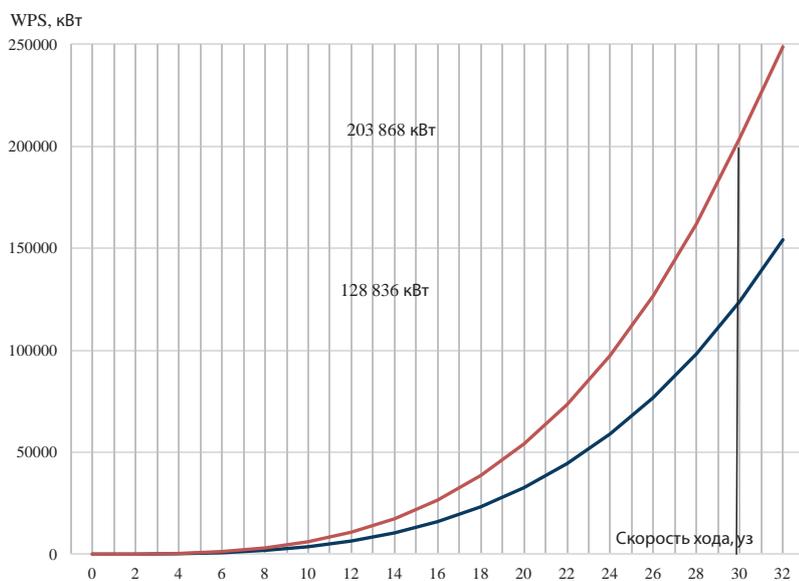


Рис. 2. Приблизительный вид буксировочных кривых перспективных авианосцев

— легкий авианосец $D = 44\ 000\ m$;
— тяжелый авианосец $D = 100\ 000\ m$

Как альтернативный вариант на корабле могут использоваться два агрегата М55Р (рис. 4), устанавливаемых на фрегатах пр. 22350 [4]. В обоих случаях требуемая скорость полного хода корабля

будет обеспечена одновременной работой двух базовых ГТД М90ФР. Другими словами, для кораблей данного класса нет необходимости в разработке и создании перспективных корабельных ГТД.

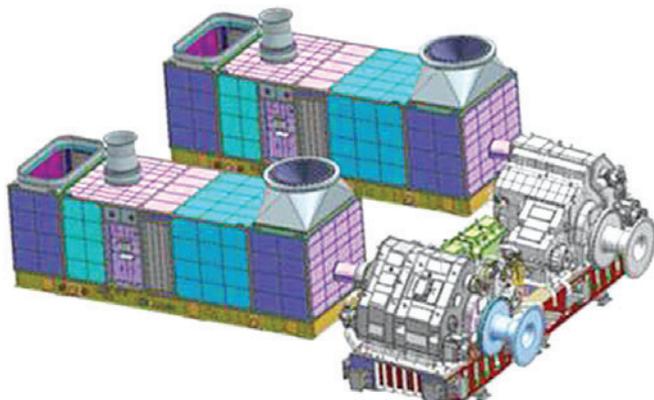


Рис. 3. Внешний вид агрегата МАЗ (ГТД М90ФР в капоте)

Для существующего фрегата пр. 22350 водоизмещением около 4500 т, скорость полного хода 32 уз не может быть обеспечена используемой на корабле ГЭУ в составе двух агрегатов М55Р (рис. 4), так как суммарная мощность двигателей полного хода должна составлять не менее 49 000 кВт. Входящие в состав агрегатов базовые форсажные ГТД М90ФР мощностью 20 000 кВт и маршевые дизели 10Д49 мощностью 3800 кВт (схемное исполнение СОДОГ) могут работать только отдельно, и поэтому за счет работы форсажных ГТД может быть обеспечена скорость полного хода не более 30 уз. При разработке перспективного ГТД мощностью 25 МВт любым из обозначенных в табл. 1 способом для использования в составе агрегата М55Р или ему подобных указанный недостаток может быть устранен. Это свидетельствует о целесообразности разработки перспективного ГТД мощностью 25 МВт для агрегата М55Р кораблей класса фрегат пр. 22350. В случае, если форсажный редуктор агрегата способен выдерживать крутящие моменты, соответствующие большей нагрузке двигателя большей мощности, то такое техническое решение может быть обоснованным для последующих кораблей данной серии.

Существует также альтернативный способ обеспечения скорости полного хода не менее 32 уз для фрегата такого водоизмещения, при реализации которого не потребуются разработка и создание перспективных ГТД. В этом случае может быть использован газотурбинный агрегат, наподобие агрегатов М7Н или М9, используемых на кораблях пр. 11356 и пр. 1155 (схемное исполнение СОГАГ) проработки ПАО «ОДК-Сатурн» для модернизированного фрегата пр. 22350М (рис. 5) [5]. В состав агрегата должны войти два маршевых реверсивных ГТД М70ФРУ-Р мощностью $2 \times 8,1$ МВт и два форсажных ГТД М90ФР мощностью 2×20 МВт, суммарная мощность ЭУ переднего хода при совместной работе маршевых и форсажных двигателей составит 56,2 МВт.

Следует отметить, что, несмотря на наличие газотурбинных двигателей для такого агрегата, сам агрегат (имеется в виду редукторы и межредукторная передача) еще не разработан. Кроме того, надо исходить из того, что такие проектные изменения в серийно строящихся кораблях могут быть внесены после обоснования. Наиболее вероятным способом обеспечения скорости полного хода корабля в 32 уз является установка форсажных двигателей большей мощности.

Модernизированный фрегат пр. 22350М, анонсированный в декабре 2014 г. адмиралом В.В. Чирковым, будет иметь водоизмещение 6500–8000 т. Од-

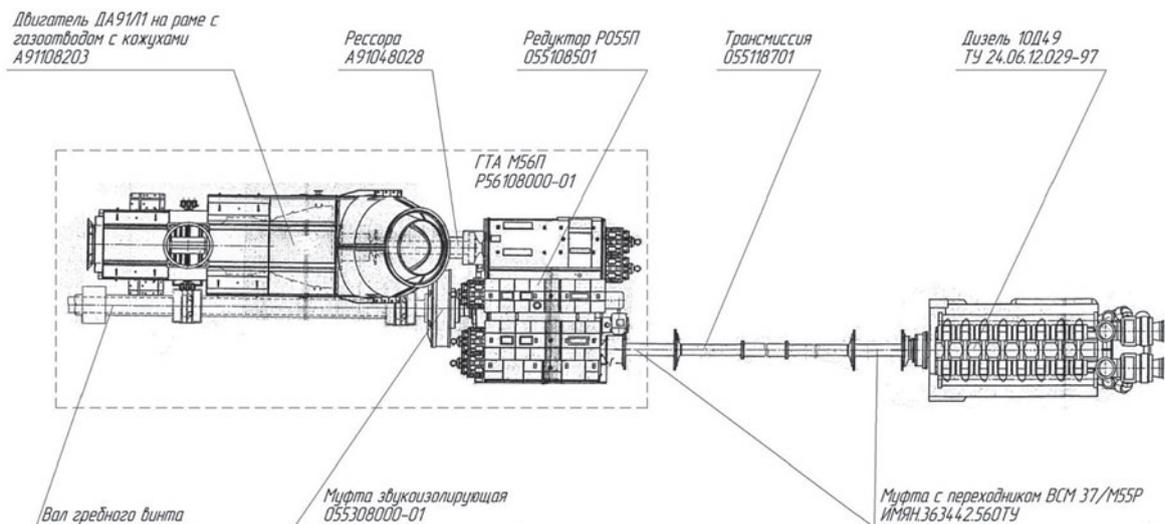


Рис. 4. Дизель-газотурбинный агрегат М55Р

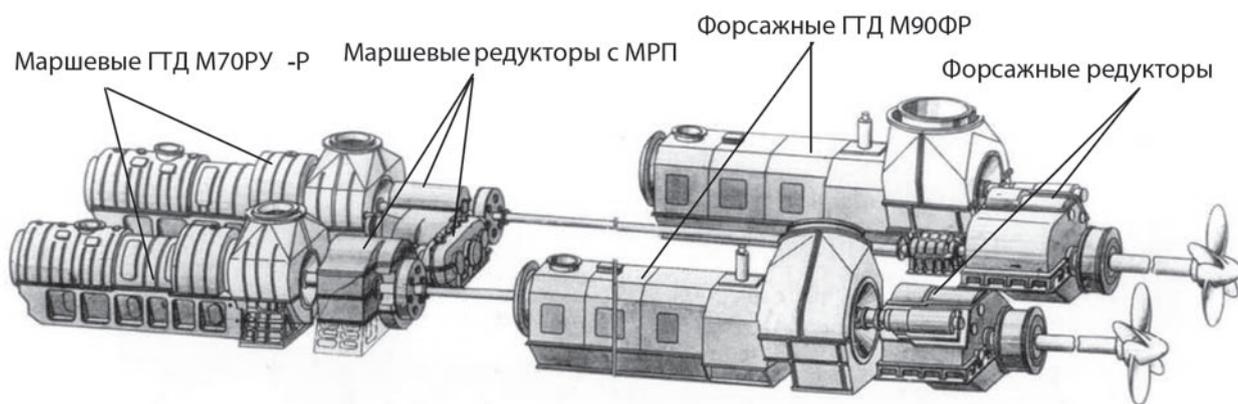


Рис. 5. Газо-газотурбинный агрегат проработки ПАО «ОДК-Сатурн» (М7Н или М9)

нако окончательно облик фрегата пока не сформирован, а предварительную проработку проводили ФГУП «Крыловский ГИИ» и АО «Северное ПКБ». Ниже рассмотрим варианты схемных решений главных энергетических установок в обеспечение скорости полного хода корабля для значений водоизмещения соответственно 6500 т и 8000 т.

Для развития скорости полного хода 32 уз фрегатом водоизмещением 6500 т суммарная мощность главных двигате-

лей с учетом потерь в редукторах и валопроводах должна составлять порядка 63 МВт (см. рис. 1). Газо-газотурбинный агрегат проработки ПАО «ОДК-Сатурн» (см. рис. 5) суммарная мощность базовых маршевых и форсажных двигателей которого составляет 56,2 МВт, в состоянии обеспечить кораблю скорость полного хода не более 31 уз.

При разработке перспективного ГТД мощностью 25 МВт для использования его в качестве форсажного двигателя

данного агрегата суммарная мощность двигателей составит 66,2 МВт, что позволит обеспечить заданную скорость полного хода корабля.

Альтернативным вариантом обеспечения скорости полного хода данного корабля является разработка перспективного ГТД агрегатной мощностью 34 МВт любым из указанных в табл. 1 способом. Использование таких двигателей может быть рекомендовано в составе агрегатов М55Р (см. рис. 4) или им

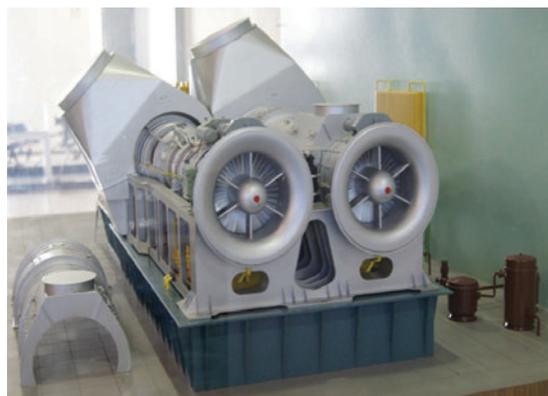


Рис. 6. «Спарка» двух всережимных ГТД на одном реверс-редукторе

подобным (схема CODOG), что позволит обеспечить кораблю скорость полного хода 32,5 уз. В качестве маршевых двигателей такого агрегата могут использоваться дизели типа 16Д49 либо перспективные дизели типа Д500К производства ОАО «Коломенский завод».

Наиболее простой вариант обеспечения скорости полного хода корабля – использование газо-газотурбинного агрегата в виде «спарки» двух базовых ГТД М90ФР на одном суммирующем реверс-редукторе (рис. 6). Подобный вариант агрегата МА4 в виде «спарки» двух базовых ГТД М70ФРУ прорабатывался ПАО «ОДК-Сатурн» для кораблей пр.11356, недостроенных на судостроительном заводе «Янтарь» из-за отказа поставлять двигатели Украиной. При использовании такой «спарки» базовых ГТД суммарная мощность двух агрегатов составит 80 МВт, что позволит кораблю развивать скорость хода до 34 уз.

Для реализации указанного технического решения разработка перспективных двигателей не потребует, достаточно использования уже разработанных базовых двигателей, необходимы лишь разработка и создание реверс-редукторов.

Для обеспечения скорости полного хода 32 уз фрегата водоизмещением 8000 т суммарная мощность главных двигателей с учетом потерь в редукторах и на линиях гребных валов должна составлять не менее 70 000 кВт (см. рис. 1). Это означает, что использование агрегата схемного исполнения COGAG (см. рис. 5) в составе базовых двигателей М90ФР и М70ФРУ-Р позволит обеспечить кораблю скорость полного хода не более 30 уз, чего явно недостаточно. Указанное предопределяет необходимость разработки перспективного двигателя большей мощности, причем для представленного на рис. 5 газо-газотурбинного агрегата, могут быть реализованы два варианта.

Первый вариант предусматривает разработку перспективного форсажного ГТД мощностью 25 МВт на основе

базовой модели ГТД М90ФР, одним из указанных в табл. 1 способом, а также разработку перспективного маршевого ГТД мощностью 10,2 МВт на основе базового ГТД М70ФРУ-Р. Тогда суммарная мощность маршевых и форсажных ГТД при их совместной работе составит 70,4 МВт, что позволит обеспечить кораблю требуемую скорость полного хода.

Второй вариант предусматривает разработку форсажного двигателя мощностью 34 МВт (табл. 1, вариант 4 или 5) или 35 МВт (табл. 1, вариант 6) для использования в составе форсажных двигателей агрегата, представленного на рис. 5. В этом случае в качестве маршевых двигателей достаточно использование базовых ГТД М70ФРУ-Р, тогда суммарная мощность маршевых и форсажных двигателей при их совместной работе составит 84,2 МВт. Это существенно больше, нежели требуется для обеспечения скорости полного хода, корабль, оснащенный такими двигателями, сможет развивать скорость хода до 33 уз.

При наличии ГТД мощностью 34–35 МВт целесообразнее их использование в качестве форсажных двигателей в составе агрегата М55Р или ему подобного (см. рис. 4). В этом случае суммарная мощность двигателей полного хода составит около 70 МВт, что наиболее полно удовлетворяет требованиям по обеспечению скорости полного хода. В качестве маршевых двигателей в этом случае могут использоваться дизели типа 16Д49 либо перспективные дизели типа Д500К производства ОАО «Коломенский завод».

Еще один способ обеспечения скорости полного хода корабля – использование газо-газотурбинного агрегата в виде «спарки» двух базовых ГТД М90ФР на одном суммирующем реверс-редукторе (см. рис. 6). При использовании двух таких агрегатов суммарная мощность двигателей составит 80 МВт, что позволит кораблю развивать скорость хода до 33 уз.

Перспективный эскадренный миноносец пр. 23560 (шифр «Лидер»), по разным источникам будет иметь водоизмещение в диапазоне 10 000–14 000 т.

Меньшему водоизмещению будет соответствовать вариант корабля с газотурбинной установкой, а большему – с атомной энергетической установкой. Несмотря на стремление конструкторов оснастить корабль атомной установкой, попытаемся проанализировать использование в составе ГЭУ ГТД для двух значений водоизмещения корабля, указанных выше.

В частности, для эскадренного миноносца водоизмещением 10 000 т в обеспечение скорости полного хода 32 уз суммарная мощность главных двигателей с учетом потерь в редукторах и валопроводах должна составлять около 85 000 кВт (см. рис. 1).

Наиболее простым способом обеспечения данной скорости было бы использование газо-газотурбинного агрегата в виде «спарки» двух базовых ГТД М90ФР на одном суммирующем реверс-редукторе, наподобие агрегата МА4 проработки ПАО «ОДК-Сатурн» (см. рис. 6). В этом случае суммарная мощность двигателей составила бы 80 МВт, что обеспечивало бы кораблю скорость хода, близкую к 32 уз, а именно, около 31,5 уз.

При разработке перспективных ГТД мощностью 25 МВт любым из указанных в табл. 2 способом, и при их использовании в составе «спарки» суммарная мощность двигателей составит 100 МВт, чего с избытком достаточно для развития скорости до 33 уз.

Альтернативным способом обеспечения скорости полного хода корабля является использование двух газо-газотурбинных агрегатов, наподобие агрегата М-21 ракетного крейсера пр. 1164 (рис. 7) [5]. В составе такого агрегата предполагается использование двух базовых маршевых ГТД типа М70ФРУ-Р и четырех форсажных базовых ГТД М90ФР (схема COGAG). Суммарная мощность двигателей составит 96,2 МВт, что существенно превышает требуемое значение для обеспечения скорости хода 32 уз. Корабль, оснащенный такими агрегатами, будет способен развивать скорость полного хода до 33 уз. Для реализации

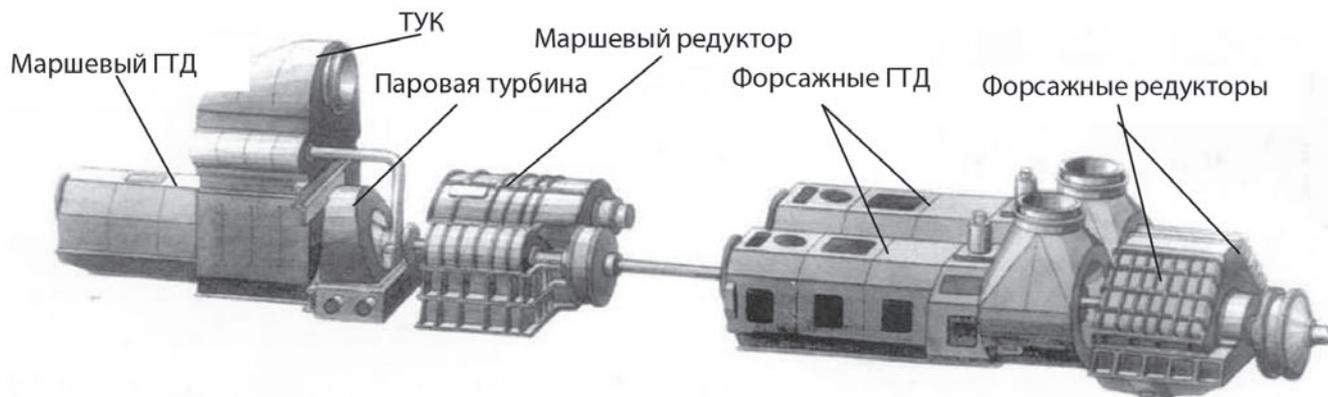


Рис. 7. Газо-газотурбинный агрегат М-21

Анализ предполагаемых схемных решений ГЭУ при использовании на кораблях базовых (созданных) или перспективных газотурбинных двигателей

Схемное исполнение агрегатов ГЭУ	Базовый ГТД М90 ФР 20 МВт	Способы разработки перспективного корабельного ГТД					
		Вариант 1 поколение 4+ 25 МВт	Вариант 2 поколение 4+ 25 МВт	Вариант 3 поколение 4+ 25 МВт	Вариант 4 поколение 4++ 34 МВт	Вариант 5 поколение 4++ 34 МВт	Вариант 6 поколение 5 35 МВт
Скорость полного хода корабля при работе двигателей в составе агрегатов, уз							
Перспективный корвет пр. 20386 $D = 3400$ т							
МАЗ	3	2 -	-	-	-	-	-
2×М55Р	3	2 -	-	-	-	-	-
Фрегат пр. 22350, $D = 4500$ т							
2×М55Р	30	32	32	32	-	-	-
М7Н (М9)) 3	3 -	-	-	-	-	-
Перспективный фрегат пр. 22350М, $D = 6500$ т							
М7Н (М9)	31	32	32	32	-	-	-
2×М55Р	-	-	-	-	32,5	32,5	32,5
2×МА4 (спарка)	3	4 -	-	-	-	-	-
Перспективный фрегат пр. 22350М, $D = 8000$ т							
М7Н (М9)	30	32	32	32	33	33	33
2×М55Р	-	-	-	-	32	32	32
2×МА4 (спарка)	3	3 -	-	-	-	-	-
Перспективный эскадренный миноносец пр. 23560 (шифр «Лидер»), $D = 10\ 000$ т							
2×МА4 (спарка)	31,5	33	33	33	-	-	-
2×М2	1 3	3 -	-	-	-	-	-
Перспективный эскадренный миноносец пр. 23560 (шифр «Лидер»), $D = 14\ 000$ т							
2×М21	31	32	32	32	-	-	-
2×МА4 (спарка)	-	31,5	31,5	31,5	-	-	-
Перспективный легкий авианосец, $D = 44\ 000$ т							
2×МА4 (спарка)	-	-	-	-	30	30	30
2×М21	27,5	29	29	29	-	-	-
Перспективный тяжелый авианосец (шифр «Шторм»), $D = 100\ 000$ т							
4×М21	29	31	31	31	-	-	-
4×МА4 (спарка)	-	29,5	29,5	29,5	-	-	-

указанного способа не требуется разработка и создание перспективных ГТД, но потребуются разработка и создание редукторов агрегата.

Для эскадренного миноносца водоизмещением 14 000 т для обеспечения скорости полного хода 32 уз суммарная мощность главных двигателей, с учетом потерь в редукторах и валопроводах должна составлять около 106 МВт (см. рис. 1). Использование двух агрегатов типа М-21 (см. рис. 7) в составе двух базовых маршевых ГТД типа М70ФРУ-Р и четырех форсажных базовых ГТД М90ФР (схема COGAG) суммарной мощностью 96,2 МВт позволит обеспечить кораблю скорость хода близкую к 32 уз. С одной стороны, целесообразность разработки перспективных двигателей для увеличения скорости полного хода корабля на 1 уз выглядит маловероятной, но при разработке перспективных ГТД мощностью 25 МВт любым

из указанных в табл. 1 способом и их использования в качестве форсажных двигателей такого агрегата суммарная мощность ГЭУ составит 116,2 МВт, что удовлетворяет требованиям по скорости полного хода корабля, которая незначительно превысит 32 уз.

Более простым способом обеспечения скорости полного хода корабля было бы использование «спарки» двух перспективных ГТД, разработанных на основе базовых М90ФР любым из указанных в табл. 4 способом на одном суммирующем реверс-редукторе (см. рис. 6). В этом случае суммарная мощность двигателей при использовании двух таких агрегатов составит 100 МВт, что позволит обеспечить кораблю скорость хода около 31,5 уз.

Для перспективного легкого авианосца водоизмещением 44 000 т для обеспечения скорости полного хода 30 уз суммарная мощность главных двигателей

с учетом потерь в редукторах и валопроводах должна составлять около 137 МВт (см. рис. 2).

Наиболее предпочтительным вариантом ГЭУ такого корабля была бы двухвальная установка, состоящая из двух агрегатов в виде «спарки» (см. рис. 6) двух перспективных ГТД мощностью по 34–35 МВт каждый, разработанных любым из способов, указанных в табл. 1. Такое решение подтверждает целесообразность разработки перспективных ГТД большой мощности, а также потребует разработки редукторных агрегатов.

Как альтернативный вариант, не требующий разработки и создания перспективных ГТД, может быть рекомендовано использование базовых двигателей в составе двух агрегатов типа М-21 (см. рис. 7) с маршевыми ГТД типа М70ФРУ-Р и форсажными ГТД типа М90ФР (в двухвальном исполнении ГЭУ). Однако такое техническое решение позво-

лит обеспечить кораблю скорость полного хода не более 27,5 уз.

При использовании в составе агрегата типа М-21 (см. рис. 7) перспективных маршевых ГТД, разработанных на основе базовых двигателей М70ФРУ-Р мощностью 10,2 МВт, и перспективных форсажных ГТД, разработанных на основе базовых двигателей типа М90ФР мощностью 25 МВт, можно нарастить суммарную мощность двигателей для двухвальной установки корабля до 120,4 МВт. Указанное техническое решение позволит обеспечить скорость полного хода корабля до 29 уз.

Для перспективного тяжелого авианосца водоизмещением 100 000 т для обеспечения скорости полного хода 30 уз потребуются нарастить суммарную мощность главных двигателей, с учетом потерь в редукторах и валопроводах, до 216 МВт (см. рис. 2). Для четырехвальной главной энергетической установки корабля эту задачу можно решить несколькими способами.

При использовании базовых ГТД типа М70ФРУ-Р и М90ФР и установке четырех агрегатов типа М-21 (рис. 7) суммарная мощность двигателей в обеспечении скорости полного хода в 29 уз (без ТУК и паровой турбины) составит $4 \times [8,1 + (2 \times 20)] = 192,4$ МВт. Если нарастить агрегат ТУК с паровой турбиной, то суммарная мощность двигателей составит $4 \times [8,1 + 2 + (2 \times 20)] = 200,4$ МВт, что позволит кораблю развивать скорость полного хода порядка 29,5 уз. Исходя из указанных соображений, разработка перспективных двигателей для увеличения скорости полного хода на 0,5–1 уз представляется нецелесообразной.

Более простым станет установка четырех агрегатов, каждый из которых представляет «спарку» двух перспективных ГТД мощностью по 25 МВт (см. рис. 6), разработанных по любому из указанных в табл. 1 вариантов. Суммарная мощность главных двигателей составит $4 \times (2 \times 25) = 200$ МВт, при такой схеме потребуются разработка и создание перспективного ГТД на основе базового ГТД типа М90ФР, а также создание суммирующего реверс-редуктора.

Для обеспечения кораблю скорости полного хода 30 уз и более можно рекомендовать также использование четырех агрегатов типа М-21 (рис. 7), где в качестве форсажных двигателей следует

использовать перспективные ГТД мощностью по 25 МВт, разработанные на основе базовых ГТД М90ФР. Суммарная мощность двигателей (без ТУК и паровой турбины) в этом случае составит $4 \times [8,1 + (2 \times 25)] = 232,4$ МВт.

В табл. 2 представлены результаты исследования возможных вариантов использования базовых и потенциальных перспективных корабельных ГТД в составе энергетических установок кораблей различных классов.

Таким образом, выше были рассмотрены основные предпосылки, обуславливающие целесообразность разработки перспективных ГТД в соответствии с их целевым назначением, т.е. в обеспечении ходкости и маневренности надводных кораблей основных классов. При этом использование ГТД рассматривалось в составе различных агрегатов, которые либо уже освоены в производстве, либо могут быть разработаны для современных и перспективных кораблей. За рамки исследований было выведено использование перспективных ГТД в составе единых электроэнергетических систем кораблей с полным электродвижением, о которых пока рассуждать преждевременно.

ВЫВОДЫ

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время *острая необходимость* в разработке перспективных ГТД в обеспечении ходкости и маневренности кораблей основных классов, учитывая высокие затраты на их разработку и создание, *отсутствует*.

Использование базовых ГТД типов М90ФР и М70ФРУ-Р разработки ПАО «ОДК-Сатурн» позволит обеспечить серийно строящимся и перспективным кораблям приемлемые значения ходкости и маневренности. При этом скорости полного хода большинства из них значительно (на 1–2 уз) будут занижены (см. табл. 5) по сравнению с требуемыми значениями (не менее 32 уз для кораблей основных классов, за исключением авианосцев, и не менее 30 уз для авианосцев). Существенное снижение скорости полного хода при использовании базовых двигателей может наблюдаться только у перспективного легкого авианосца (скорость полного хода не более 27,5 уз) в двухвальном исполнении главной энергетической установки. Скорость полного

хода близкого по водоизмещению английского авианосца «HMS Queen Elizabeth» составляет 25 уз, что не делает корабль ущербным по скоростным характеристикам.

2. Если все же исходить из необходимости разработки и создания перспективного ГТД мощностью 25 МВт любым из указанных в табл. 1 способом, то наличие такого двигателя позволит практически полностью устранить указанные выше недостатки. Это означает, что серийно строящиеся и перспективные корабли основных классов будут полностью удовлетворять требованиям по маневренным и скоростным характеристикам, не уступая по ним основным зарубежным аналогам (см. табл. 2).

3. Необходимость разработки корабельных ГТД мощностью 34–35 МВт в обеспечении ходкости и маневренности перспективных кораблей может быть обоснована только для перспективных фрегатов водоизмещением от 6500 т и более, а также для легкого авианосца. Использование таких двигателей на фрегатах целесообразно в составе агрегатов схемного исполнения CODOG (см. рис. 4) или CODLOG, а на легком авианосце – на агрегатах в виде «спарки» двух ГТД (см. рис. 7). Для кораблей остальных классов необходимость использования ГТД большой мощности в составе различных агрегатов не просматривается (см. табл. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. ОДК формирует научно-технический задел для создания морских двигателей 5-го поколения. – Пресс-релиз, Москва, 29.02.2018. – www.npo-saturn.ru.
2. В России начата разработка авиадвигателя большой тяги ПД-35. – <http://24ri.ru/down/open/na-razrabotku-aviadvigatelja-pd-35-otvoditsja-10-let-i-180-mlrd-rublej.html>
3. Из отчета НПО «Сатурн» за 2014 год. Приоритетные программы. ГТД морского применения. – <http://alexeyvvo.livejournal.com/123859.html>.
4. Чутин П.В. Российский газотурбинный двигатель М90ФР. – Доклад на секции НТО им. А.Н. Крылова, СПб., 21.03.2018 г.
5. Чутин П.В. Результаты работы по импортозамещению украинских морских ГТД. Доклад на межотраслевой научно-практической конференции «ВОКОР–2018». – ВУНЦ ВМФ «НИИ КиВ». – СПб., 2018. ■

Новая ЭРА

**КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ**
для эффективного распределения и потребления энергии

РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА

Главные и вторичные ЭРУ до 15 кВ
Центры управления электродвигателями
Пульты управления
Магнитные пускатели
Преобразовательные агрегаты
Электрообогревательные элементы
Источники бесперебойного питания

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

ШЕФМОНТАЖНЫЕ И ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Сервисное обслуживание
оборудования Schneider Electric

Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Партизанская, д. 21
тел.: (812) 610-02-40
факс: (812) 303-89-77
e-mail: sales@newelectro.ru
www.newelectro.ru



РАЗРАБОТКА ТРУБНОГО ПУЧКА РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КОНДЕНСАТОРА ПАРОВЫХ ТУРБИН

О.О. Лебедев, *вед. инженер АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 7533*

Термодинамический цикл паротурбинных установок предполагает обязательное наличие холодного источника в конце процесса расширения водяного пара в турбине. В качестве такого источника используются части паротурбинной установки (ПТУ), называемые конденсационными установками (КУ). Главная часть КУ – конденсатор пара, который будет рассмотрен в настоящей статье.

Конденсатор пара – одна из самых крупных и металлоёмких частей ПТУ, конструкция которого определяет геометрические размеры энергетических помещений кораблей.

В ПТУ перегретый пар от парогенераторов реакторной установки (РУ) поступает на турбогенераторы, далее от них поступает в конденсатор, где в результате теплового взаимодействия с охлаждающей средой пар конденсируется, конденсат дожимается и направляется обратно в РУ (рис. 1).

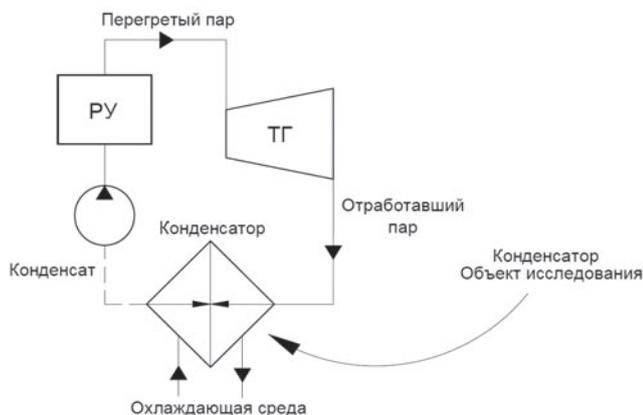


Рис. 1. Принципиальная схем «пар–конденсат–вода–пар»

Традиционное техническое решение конструкции парового конденсатора (рис. 2) широко используется в настоящее время: отработавший пар поступает на трубный пучок, состоящий из прямолинейных трубок, внутри которых протекает охлаждающая среда. Трубки заделаны в трубные доски. Пар проходит в межтрубном пространстве и в результате теплового взаимодействия с охлаждающей средой, через стенки трубок конденсируется, далее в виде конденсата дожимается насосом и направляется обратно в парогенераторы РУ.

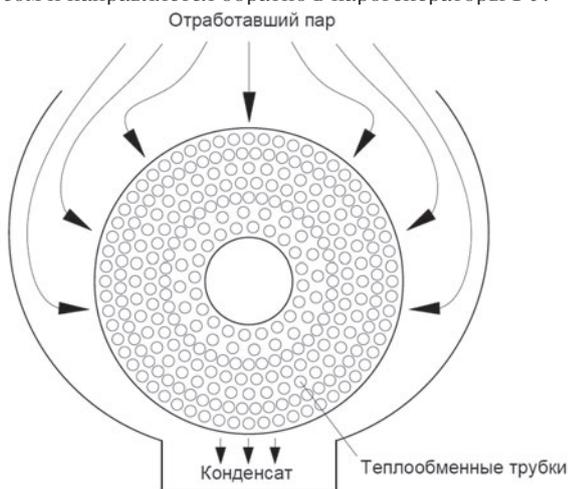


Рис. 2. Традиционное техническое решение трубного пучка

Экспериментальные исследования существующих конструкций трубных пучков показали:

- тепловые нагрузки уменьшаются только в направлении течения пара;
- по глубине пучка по ходу пара тепловые нагрузки уменьшаются в 5–8 раз, что может быть объяснено снижением

скорости пара из-за непропорционального уменьшения проходного сечения по пару по отношению к изменению расхода пара.

Сохранение высоких значений тепловых нагрузок по всей поверхности теплообмена и, как следствие, уменьшение габаритов и металлоемкости конденсаторов возможно, если формировать проходное сечения по пару определенным образом, чтобы обеспечить поддержание постоянной скорости пара на всем пути его движения.

Этому принципу оптимизации формирования проходного сечения по пару, обеспечивающего максимальную эффективность теплообмена, соответствует трубный пучок треугольной формы (рис. 3.). Однако данная форма не вписывается в общепринятые формы корпусов и водяных камер, что не позволяет реализовать преимущества интенсификации процесса теплообмена для улучшения массогабаритных характеристик по сравнению с трубными пучками цилиндрической формы.

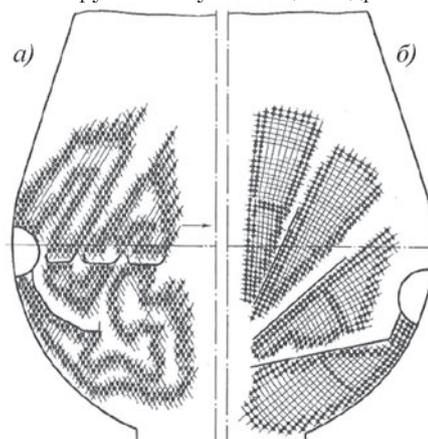


Рис. 3. Трубный пучок треугольной формы (б), веерной и ленточной разбивки (а)

Улучшить габаритные характеристики трубных пучков круглой формы можно, если, не изменяя шага разбивки трубного пучка, спрофилировать проходное сечение по пару таким образом, чтобы скорость движения пара на всем пути следования имела постоянное, оптимальное значение (рис. 4).

Поддерживать постоянной скорость пара в межтрубном пространстве можно, применив новый принцип формирования проходного сечения при сохранении круглой формы и технологии заделки трубок в трубных досках, который заключается в следующем:

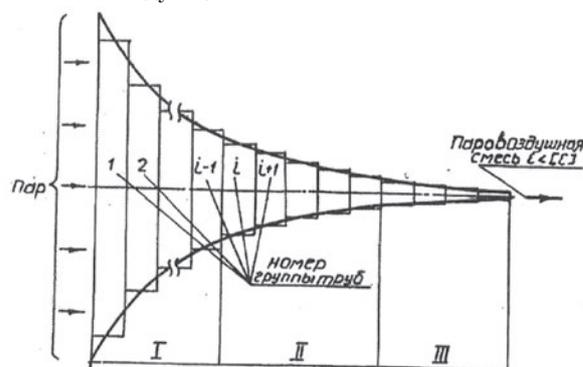


Рис. 4. Поддержание постоянной скорости пара

- поверхность теплообмена разделяется на несколько зон конденсации, при этом проходное сечение по пару которых уменьшается пропорционально уменьшению количества сконденсировавшегося пара (рис. 5);
- проходное сечение по пару формируется пропорционально расходу пара на участках трубного пучка и обеспечивается изменением овальности теплообменных трубок;
- на периферии ось овальности трубок направляется по направлению движения пара;
- при движении пара в центр трубного пучка ось овальности разворачивается перпендикулярно движению пара;
- для увеличения поверхности теплообмена трубки закручиваются по винтовой траектории.
- угол винтовой закрутки максимален на периферии и уменьшается с каждым рядом в глубь пучка.

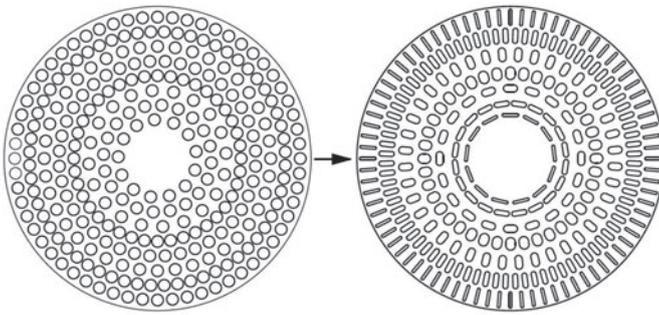


Рис. 5. Новый принцип формирования трубного пучка

В местах заделки труб в трубные доски все трубки имеют круглую форму. Овальность труб достигается за счет деформации круглых труб на теплообменном участке (рис. 6).

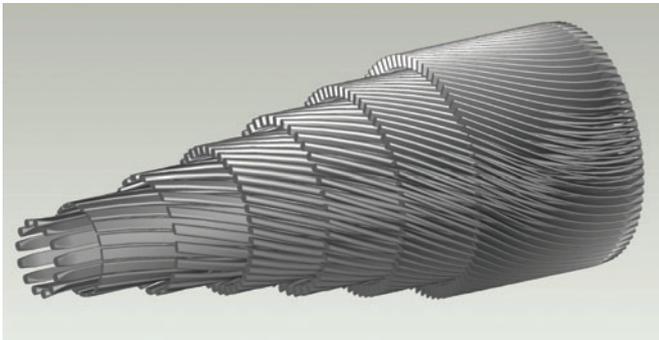


Рис. 6. Винтовой конденсатор с винтовой закруткой теплообменных трубок и изменением овальности

Кроме того, при применении предлагаемой конструкции акустические характеристики каждого ряда трубок будут индивидуальными и отличными от ряда к ряду, вследствие чего акустические характеристики всего пучка будут улучшены за счет отсутствия резонанса между трубками, что положительно скажется на общем акустическом поле корабля.

Для оценки эффективности предлагаемой конструкции трубного пучка был выполнен сравнительный расчет (см. таблицу) для конденсатора предлагаемой конструкции и с круглой формой трубного пучка при одинаковых исходных данных: расход пара – 130 т/ч; температура заборной воды – 10 °С; внешний радиус трубного пучка – 0,77 м; материал теплообменных трубок – титан.

Из рассмотрения результатов расчета можно отметить:

- увеличилась площадь поверхности теплообмена;
 - уменьшилось количество теплообменных трубок;
 - уменьшился расход охлаждающей среды.
- Предлагаемые способы формирования трубного парового конденсатора позволяют:
- обеспечить одинаковую по всей глубине трубного пучка эффективный процесс теплообмена за счет поддержания одинаковой скорости пара, что в совокупности с уменьшением количества охлаждающей воды циркуляционного насоса может увеличить КПД конденсатора;
 - существенно улучшить габаритные характеристики за счет возможности размещения в тех же, что и для трубных пучков круглой формы, габаритах большей на 15,5 % поверхности теплообмена и интенсификации процессов теплообмена на 6,8 %;
 - уменьшить количество воды, требуемое для охлаждения конденсатора на 30,1% и уменьшить соответственно в той же пропорции мощность циркуляционного насоса;
 - предполагаемо улучшить акустические характеристики конденсатора.

Таким образом, применение модернизированного трубного пучка позволяет:

- повысить тепловую эффективность;
- улучшить массогабаритные характеристики;
- снизить мощность циркуляционного насоса охлаждающей среды;
- достичь более высоких акустических характеристик;
- увеличить модернизационный потенциал предлагаемой конструкции винтового конденсатора.

В ходе выполненного расчетного исследования были определены ряд технических, массогабаритных и, в перспективе, акустических характеристик и выявлена возможная эффективность предлагаемого технического решения рациональной конструкции винтового конденсатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин. – Изд. 4-е, переработ. – М.: Энергия, 1967.
2. Мильман О.О., Никиточкин В.П. Высокоэффективный конденсатор пара с вертикальным трубным пучком. – Тр. ЛКИ, 1990.
3. Шкловер Г.Г., Мильман О.О. Исследование и расчет конденсационных устройств паровых турбин. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Лебедев О.О. Анализ напряженно-деформированного состояния криволинейных труб в процессе чистого изгиба // Морской вестник. – 2016. – № 4(60). ■

Таблица

Результаты сравнительного расчета

Параметр	Конденсатор с трубным пучком		Разница, %
	круглой формы	винтовой формы с овальными трубками	
Тепловая нагрузка, ккал/ч	7,9·10 ⁷	7,9·10 ⁷	–
Поверхность теплообмена, м ²	527,3	609,9	↑ 15,66
Количество теплообменных трубок, шт.	2993	2504	↓ 16,33
Коэффициент теплоотдачи от пара, ккал/(м ² ·ч·°С)	15506÷9438	19684÷12638	↓ 29,57
Коэффициент теплопередачи, ккал/(м ² ·ч·°С)	3232 ÷ 2871	3262÷3149	↑ 5,04
Температурный напор, °С	47,2	38,5	↓ 18,43
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	4010,0	3082,4	↓ 23,13
Количество рядов теплообменных трубок, шт.	18	14	↓ 22,22
Внешний диаметр трубного пучка/внутренний диаметр трубного пучка, м	0,77 / 0,396	0,77 / 0,484	↓ 22,22

АО «Машиностроительный завод «Армалит» в рамках девятого Международного военно-морского салона, прошедшего с 10 по 14 июля 2019 г., впервые показало современные образцы судовой трубопроводной арматуры с новыми, ранее не демонстрировавшимися электроприводами собственной разработки.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ

На стенде были представлены действующие изделия, выполненные в металле и встроенные в часть трубопроводной системы, смоделированной с помощью применения технологий дополненной реальности. В прошлые годы на МВМС предприятие показывало исключительно макетные образцы судовой трубопроводной арматуры. В этом году на стенде была смонтирована и система управления арматурой, посетители салона могли самостоятельно регулировать ее положение: открыто–закрыто. Для наглядной демонстрации работы изделий была использована технология дополненной реальности – это позволило буквально заглянуть внутрь судовых систем и увидеть, что происходит при поступлении той или иной команды.

Было доступно несколько уровней управления:

- первый – с помощью ручного джойстика, при работе которого в целях безопасности невозможно включить электропривод. Ручной джойстик соединен непосредственно с валом двигателя, что уменьшает число оборотов при его работе и сокращает время перевода в аварийных ситуациях;
- второй – с помощью кнопок, находящихся на блоке управления (БУ). Предлагается два варианта конструктивного исполнения БУ: пристраиваемый на мотор-редуктор и размещаемый отдельно;
- третий – по интерфейсу RS485 с центрального поста управления транспортным средством с цифрового устройства (на МВМС был использован планшет с тачскрином).

ЧТО ПОКАЗАЛИ?

Участники МВМС–2019 увидели на стенде «Армалита» самые современные изделия российского арматуростроения: два дисковых затвора с условным проходом 200 и 100 мм и кран шаровой с условным проходом 125 мм – все они оснащены электроприводами разработки АО «Армалит». При их создании был внедрен целый ряд инновационных идей и решений – предприятие подало заявку на получение семи патентов на разработки, примененные при конструировании электроприводов.

УЧАСТНИКИ МВМС-2019 ВПЕРВЫЕ ВСТАЛИ ЗА ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ НОВЕЙШЕЙ СУДОВОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРОЙ

АО «Армалит»,
контакт. тел. (812) 603 40 77



Выставочный стенд АО «Армалит»

Блоки управления электроприводов имеют:

- а) режимы управления:
 - по месту органами управления БУ;
 - по каналу обмена.

Переключение режимов выполняется БУ; – установленный режим управления по заданному алгоритму или датчикам обратной связи системы;

б) индикацию «ОТКРЫТО», «ЗАКРЫТО», «НЕИСПРАВНОСТЬ»; «ПИТАНИЕ» на БУ;

в) остановку электродвигателя по сигналам с датчиков конечных положений (далее – ДКП) и/или сигналов ограничения усилия (с блокировкой «отскока»), а также по команде «СТОП»;

г) связь с системой управления верхнего уровня по интерфейсу RS485.

Протокол обмена данных – Modbus DP;

- д) контроль функционирования:
 - при отсутствии перемещения в соответствующем направлении в течение 3 секунд после поступления сигнала БУ выдает сигнал на верхний уровень и отключает электропривод;
 - при времени перемещения больше (меньше) настроенного на 20% БУ выдает сигнал на верхний уровень и отключает электропривод;
 - е) возможность регулирования скорости перемещения штока в пределах 1:5;
 - ж) возможность сохранения в энергонезависимой памяти БУ при каждом перемещении вала зависимости рабочего момента от перемещения ЭПЛ и выдачи информации о предотказном состоянии;



Дополненная реальность

и) возможность сохранения в энергонезависимой памяти БУ количества циклов работы электропривода и выдачи сигнала в систему управления верхнего уровня о достижении предельного количества циклов срабатывания;

к) возможность формирования и выдачи по каналу обмена сигналов:

- отсутствия силового питания (при наличии резервного питания 24 В постоянного тока);
- положения запорного органа арматуры;
- неисправности ЭПЛ;
- превышение установленного усилия более чем на 25%;
- превышение настроенного времени перевода более чем на 25%;
- отсутствие движения выходного звена;

– о выходе из строя энергонезависимой памяти, хранящей настройки привода, плат, датчиков;

– о выходе из строя ДКП;

л) функцию защиты:

- тепловую;
- от токов короткого замыкания;
- от токовых перегрузок;

м) алгоритм перемещения выходного вала по заданному закону (плавную остановку электропривода, дожатие в конце перевода, повышенный пусковой момент при трогании).

Блок управления обеспечивает:

а) ввод, редактирование и вывод на собственный дисплей и по каналу обмена всех установочных параметров электропривода;

б) вывод на дисплей и передачу по каналу обмена текущего состояния электропривода и всех предусмотренных аварийных событий;

в) задание времени перевода;

г) задание предельного рабочего момента и времени задержки аварийного срабатывания при страгивании;

д) корректировку положения срабатывания ДКП;

е) выполнение команд «ОТКРЫТЬ», «ЗАКРЫТЬ», «СТОП» по месту;

ж) переключение режима управления (по месту или дистанционно);

и) «ОСТАНОВ» в конечном положении по сигналу «ЗАКРЫТО» или по предельному рабочему моменту;

к) установку функций и параметров с местного дисплея БУ;

л) отображение на дисплее БУ:

- «ОТКРЫТО/ЗАКРЫТО»;
- текущего значения указателя положения;
- сигнала «ОБЩАЯ АВАРИЯ»;
- наличия силового питания.

ГОСТИ СТЕНДА

За пять выставочных дней сотрудники «Армалита» провели более 30 встреч



Интерактивная экспозиция



Заместитель главнокомандующего ВМФ РФ по вооружению вице-адмирал И.Т. Мухаметшин (в центре) на стенде предприятия

с потенциальными и действующими партнерами. Стенд посетили более 250 гостей салона, в том числе высокопоставленные должностные лица ВМФ.

Интерактивные возможности экспозиции предприятия привлекли не только специалистов кораблестроения и военных моряков, но и юных посетителей МВМС–2019. Дети с большим интересом наблюдали за работой арматуры и изменением потока среды, а также сами участвовали в ее регулировании.

СОГЛАШЕНИЕ С БАНКОМ «РОССИЯ»

В дни работы МВМС–2019 АО «Армалит» подписало соглашение о сотрудничестве с акционерным банком «Россия».

В документе были закреплены достигнутые ранее договоренности о долгосрочном партнерстве, направленном на развитие научных исследований и инновационной деятельности, на укреп-

ление авторитета науки и пропаганду достижений в научной сфере.

Соглашение было подписано в торжественной обстановке первыми лицами сторон: генеральным директором АО «Машиностроительный завод «Армалит» А. В. Кузнецовым и старшим вице-президентом АО «Акционерный банк «Россия» П. В. Петровским.

Всего участниками экспозиции МВМС–2019 стали 353 предприятия из 29 стран. Экспозиция МВМС–2019 разместилась на 15 000 м² выставочной площади в павильонах, а также на открытых площадках. Широкий формат салона позволил представить продукцию предприятий на стендах и в виде натуральных образцов у причалов, на открытых площадях и прилегающей акватории. Участие «Армалита» в МВМС–2019 было отмечено сертификатом спонсора салона, а также дипломами за лучшую выставочную экспозицию и выставочный экспонат. ■

Созданию систем управления автономными и дистанционно управляемыми судами для транспортного и вспомогательного флота уделяется пристальное внимание в рамках цифровизации экономики Российской Федерации. Однако спуск на воду 26.06.2019 г. беспилотного танкера «Новый путь», построенного на верфи КНР, показал технологическое отставание в области морских беспилотных систем европейских производителей.

Поэтому в настоящее время основными задачами для распространения безэкипажного судовождения является разработка *единой цифровой технологической платформы*, позволяющей выполнять модернизацию существующих транспортных и вспомогательных судов с целью реализации на них режимов автономного и дистанционного управления или внедрять новые беспилотные системы для специально построенных судов. Создание такой технологии позволит существенно сократить время внедрения безэкипажного судовождения и повысить безопасность судоходства за счет внедрения систем поддержки принятия решений уже на эксплуатирующихся судах.

В соответствии с вышеизложенным на безэкипажных судах должны быть реализованы следующие режимы управления: ручное, дистанционное, автономное.

Ручное управление (с системой поддержки принятия решений) на судах используется в аварийных ситуациях или при решении сложных задач маневрирования, возникающих при входе/выходе из порта, прохождении узкостей, маневрировании в нештатных ситуациях.

Дистанционное управление используется в случаях, когда автоматическая система управления «столкнулась» с набором нестандартных ситуаций (наличие повреждений на судне, прохождение сложных участков маршрута и пр.) или она не обеспечивает заданные требования по надежности управления судном с целью обеспечения безопасности мореплавания.

Автономное управление реализует самостоятельное решение задач, при этом обеспечивая безопасность мореплавания, выбор эффективных режимов управления с заданными критериями надежности.

По мнению иностранных экспертов, наибольший эффект от внедрения систем достигается, когда оно составляет не менее 85%, дистанционное – 10% и ручное – около 5% времени движения судна по заданному маршруту.

Система автономного дистанционного управления судов (СУАДС) обеспечивает судовождение безэкипажными транспортными и вспомогательными

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ И ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ СУДОВ

В.М. Амбросовский, канд. техн. наук, гл. конструктор проекта,
Д.В. Казунин, д-р техн. наук, директор департамента,
А.П. Орлов, д-р воен. наук, зам. директора дивизиона,
АО «Кронштадт Технологии» (Группа «Кронштадт»),
контакт. тел. +7(921)423 9492, +7(911)114 4834, +7(911)712 2342

судами в различных условиях внешней обстановки (ветер, волнение, течение, туман), включая управление в аварийных ситуациях, и является основой создания комплекса средств управления группами безэкипажных судов.

Система дистанционного и автономного управления судном (СДАУС) строится на базе четырех основных компонент (рис. 1):

– набора бортового оборудования собственного судна и судов-целей (которые в идеальном случае стандартизованы и идентичны бортовому оборудованию собственного судна);

– набора оборудования центра управления (ЦУ), который может быть мобильным или стационарным;

– разметки, облегчающей движение судов (на подходе к порту, прохождении узкостей и «наведении» судна на заданное место швартовки), которая должна будет включать и более современные средства навигационного разграничения движения;

– инфраструктуры, обеспечивающей передачу, хранение информации, и реализующей элементы высокоточного позиционирования и дистанционного зондирования поверхности Земли.

Набор бортового оборудования судна, входящего в СДАУС, включает:

– системы собственной идентификации для окружающих судов (минимально АИС информация, в дальнейшем передача видео, собственной радиолокационной информации и в случае буксировки – приложенных тяговых усилий). Система собственной идентификации совместно с разметкой позволяет окружающим судам правильно формировать цифровое представление о целевой обстановке, а при стандартизации систем идентификации всех судов, на борту собственного судна можно будет сформировать точное цифровое представление о судах-объектах-целях – целевой обстановке (рис. 1);

– системы контура управления (СКУ) собственного судна включают следующие основные модули:

• модуль определения (и при необходимости отображение) положения це-

лей (МПЦ) вокруг собственного судна производимое на базе данных оптического, акустического, радиолокационного, наблюдений, а также поступающих данных от систем идентификации окружающих судов (АИС и т. д.),

• модуль определения положения собственного судна (МПСС) на основе оптического, радиолокационного, спутникового наблюдений,

• модуль определения параметров корпуса и его положения (МПКП) (осадки, крена, дифферента), а также параметров состояния сред, заполняющих отсеки и выгородки, таких как: груз, балласт, топливо, масло, вода и т. д.,

• модуль прогнозирования и безопасного расхождения судов (МПБРС), реализующий принципы МППСС с учетом возможностей собственного судна и прогноза действий судов-целей с учетом их предполагаемых возможностей, а также условий рейсового задания,

• модуль управления упорами (МУУ), обеспечивающего маневрирование с учетом поступивших команд от МПБРС для безопасного расхождения судов с учетом возможностей собственного судна: параметров корпуса и его положения, имеющихся на борту запасов, ограничительных характеристик, параметров электростанции и т. д. Модуль управляет рулевыми машинами, гребной и подруливающей установкой, палубными механизмами, обеспечивая эксплуатационное и аварийное маневрирование.

Рассмотрим более детально две составные части СУАДС: СКУ собственного судна (бортовая СКУ БЭС) и центр управления БЭС.

1. Бортовая СКУ БЭС обеспечивает определение положения собственного судна и судов-целей (МПЦ и МПСС) и осуществляет контроль и управление [1] общесудовыми средствами (ОСС) и палубными механизмами, главной и вспомогательной энергетической установкой (ГЭУ и ВЭУ), электростанцией (ЭЭС) и системой управления движением и маневрированием (СУДиМ) с целью управления упорами на основе решений МПБРС.

МПБРС может быть реализован в виде программного обеспечения, которое либо как ПО производства АО



Рис. 1. Система дистанционного и автономного управления судами

«Кронштадт Технологии» подключается к МПЦ и МПСС, либо как ПО производства АО «ИЦИУС» подключается напрямую к оборудованию судового мостика и использует информацию от судовых датчиков GPS, AIS, ARPA и картографическую информацию о районе плавания, после чего проводит оценку текущей навигационной ситуации и принимает решения по безопасному расхождению со всеми судами в заданной акватории на основе МППСС с учетом текущей навигационной обстановки. Полученное решение передается в систему управления движением судна. МПБРС состоит из следующих модулей:

- модуля получения и обработки данных о текущей навигационной (целе-

вой) обстановке, который принимает данные от судовых датчиков GPS, AIS, ARPA, выполняет их синхронизацию и проверку на «непротиворечивость» и по каждой окружающей собственное судно цели определяет: координаты, относительный и абсолютный курс и скорость, а также идентификаторы судна (название, тип, номер IMO, MMSI), по которым определяются необходимые параметры для оценки его возможных маневров.

- модуля формирования (ограничений/рекомендаций) района плавания на базе использования картографической информации с навигационных карт (с корректурой) наиболее важные из которых: бе-

реговая линия, изобаты, глубины, рекомендованные маршруты, навигационные опасности, специальные районы плавания;

- модуля оценки и прогнозирования развития навигационной ситуации создаваемой динамикой собственного судна и окружающих судов-целей, с учетом навигационных опасностей, маршрута следования и применения правил 13,14,15, 18 МППСС, а также с применением выработанных критериев оценки опасного сближения;
- модуля принятия решения о расхождении с судами-целями при опасном сближении, который обеспечивает расхождение со всеми судами-целями на заданном расстоянии от собственного судна методом применения правил 8,10,13,14,15,16,17,19 МППСС, с учетом: осадки, навигационных опасностей, запрещенных районов плавания, а также с применением критериев оптимальности, оценки опасности сближения с учетом хорошей морской практики. В результате своей работы модуль рекомендует безопасный маршрут с параметрами безопасного движения по отношению к навигационным опасностям и судам-целям на заданном расстоянии;
- интерфейса обмена, который используется для передачи полученного решения, верифицированного положения судов-целей, оценку и прогноз ситуации каждого судна согласно МППСС, выделение опасных целей в системы судна и формировать журнал рекомендаций системы прогнозирования безопасного расхождения судов по параметрам движения собственного судна, судов-целей, применяемых правил МППСС.

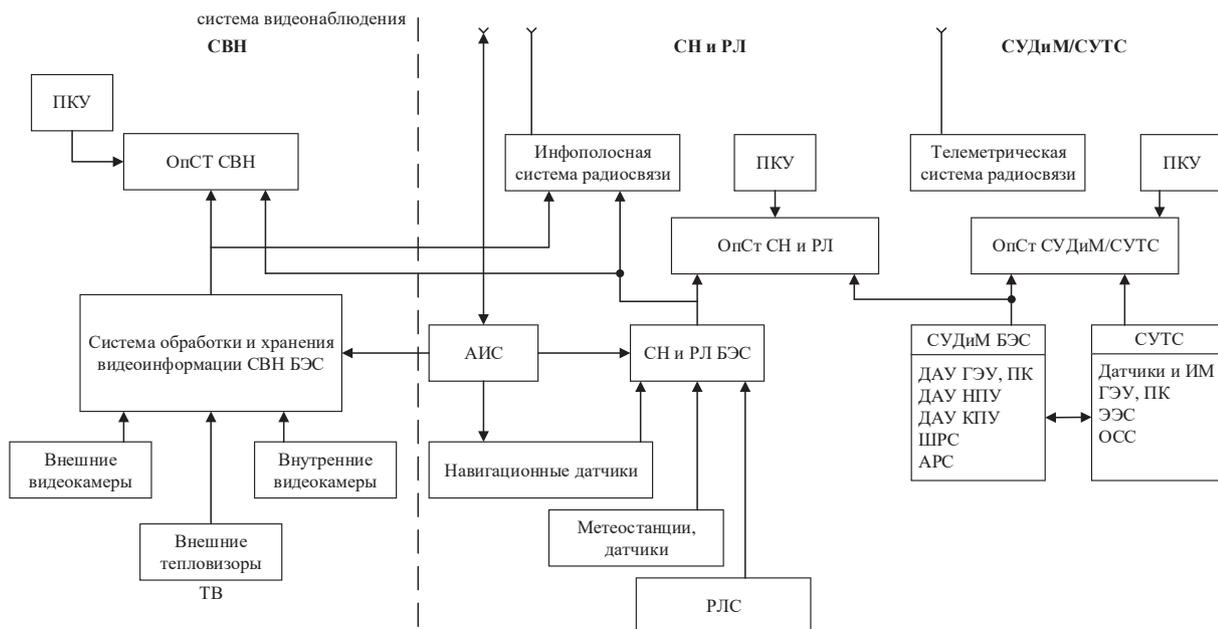


Рис. 2. Структура бортовой СКУ БЭС

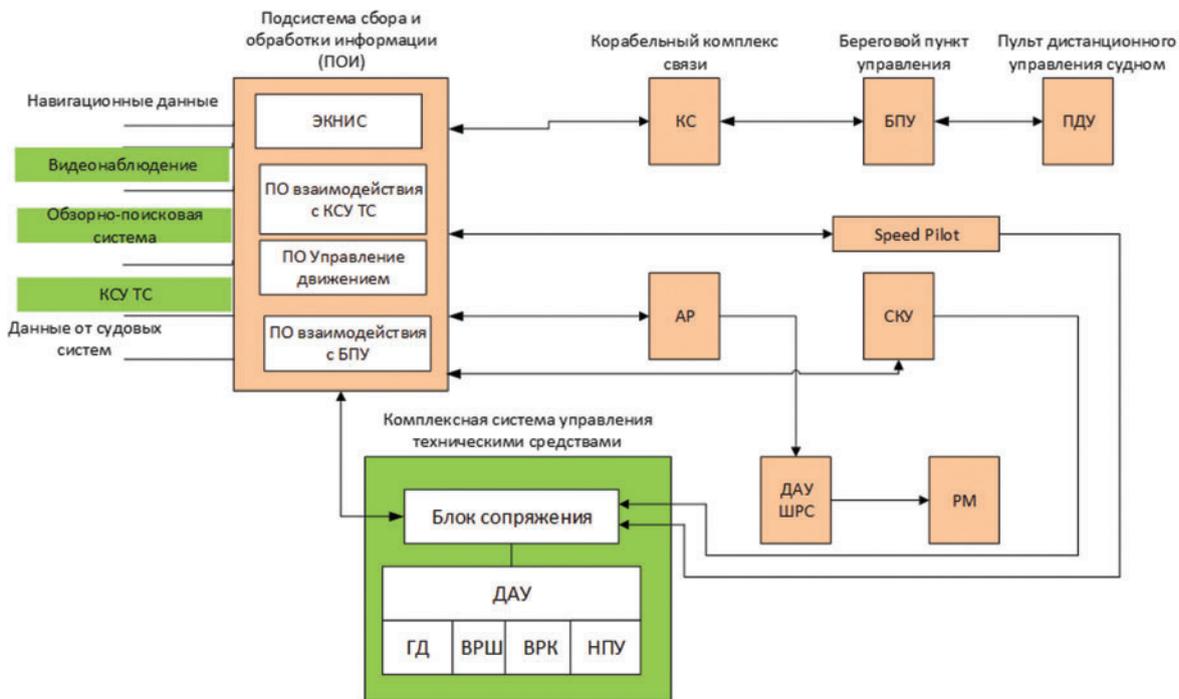


Рис. 3. Информационная структура СКУ БЭС

Бортовая СКУ БЭС обеспечивает управление рулями, гребными винтами, подруливающими устройствами и палубными механизмами, влияющими на движение; в режиме автономного управления обеспечивает автоматическое движение по заданному маршруту (полученному из ЦУ) на основе команд МПБРС. Также бортовая СКУ БЭС обеспечивает дистанционное управления движением БЭС по командам ручного управления, получаемым из ЦУ. Структура бортовой СКУ БЭС представлена на рис 2.

Структура бортовой СКУ БЭС включает штатные судовые системы СВН, ИМС и СУДиМ. СВН обеспечивает получение информации от МПЦ и МПСС. Важной задачей СВН является распознавание наблюдаемых объектов и определение параметров движения этих объектов, совместно с получаемой информацией от АИС, радиолокационной, оптической и акустической информации. СНиРЛ получает информацию от навигационных датчиков или ИНС, включающей СНС (GPS, ГЛОНАСС), компасы, лаг, обеспечивает получение информации от метеостанции и датчиков ветра и получение информации от РЛС. Собственно системой, обеспечивающей контроль и управление движением БЭС, является СУДиМ, которая работает совместно с СУТС.

В состав СКУ БЭС должны входить система сбора, обработки и регистрации информации; комплекс связи, включающий широкополосный и телеметрический каналы; система сопряжения (подключения) к системе управления техническими средствами (СУТС); система управления движением и маневри-

рованием (СУДиМ), включая авторулевой (АР) [2], система предотвращения аварий (СПАВ); блок передачи управления (БПУ).

Важная составляющая СКУ БЭС – программное обеспечение (ПО), устанавливаемое в береговом ЦУ и в бортовой СКУ, что определяет информационную структуру СКУ БЭС, приведенную на рис. 3.

Необходимая часть СКУ БЭС – система технической диагностики, которая должна обеспечивать контроль всех ТС БЭС и реконфигурацию бортовых систем при отказе того или иного оборудования БЭС. Обязательным требованием к СКУ БЭС и важному оборудованию этого судна является обеспечение устойчивости к единичному отказу, что позволяет продолжать эксплуатацию БЭС до прибытия его в порт назначения.

2. Центр управления БЭС (ЦУ БЭС) – основное место, из которого управляют всеми контрольными БЭС. ЦУ БЭС в значительной степени повторяет бортовую СКУ и включает АРМ СВН, АРМ СУДиМ/СУТС, АРМ СНиРЛ и АРМ состояния всех БЭС, находящихся под управлением центра. ЦУ БЭС также включает систему формирования видеоизображения, позволяющую на экранах центра наблюдать то, что передают видеокамеры подконтрольных БЭС, как это реализовано в концептуальном проекте компании Rolls-Royce. Пример фрагмента ЦУ БЭС в виде локального поста управления единичного БЭС приведен на рис. 4, пример шкафа вычислительного с оборудованием БЭС – на рис. 5.

Особенностью оборудования ЦУ БЭС является то, что оно должно позволять управлять группой БЭС и быс-



Рис. 4. АРМ берегового ЦУ БЭС разработки АО «Кронштадт Технологии»



Рис. 5. Пример шкафа вычислительной одной из систем БЭС разработки АО «Кронштадт Технологии»

Для реализации производства СА-ДУС должна быть создана *единая цифровая технологическая платформа*, позволяющая генерировать взаимодействующее между собой ПО для установки на борт судна и в центр управления, ПО, организующее шифрованную передачу данных, ПО экспертных систем и систем поддержки решений (рис. 6), а также средств верификации и обучения, которая может использоваться в качестве виртуальной платформы БЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены основные задачи контроля и управления БЭС, приведены структура обмена данными СКУ БЭС, опытные образцы АРМ берегового ЦУ БЭС, разработанного АО «Кронштадт Технологии», рассмотрена информационная структура СКУ БЭС и цифровые технологии создания систем авто-

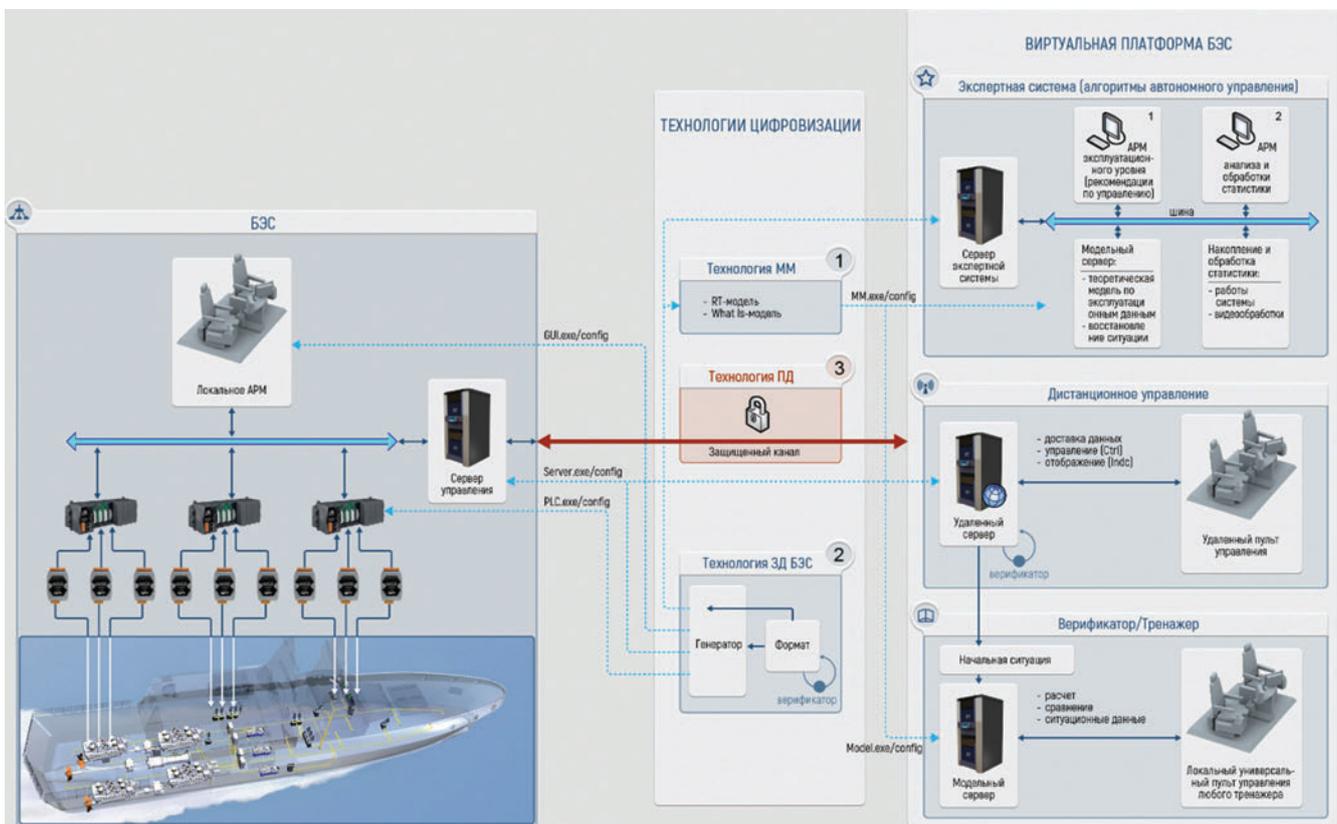


Рис. 6. Цифровая технология создания систем автономного и дистанционного управления судами

тро переключать управление с одного БЭС на управление другим и непрерывно контролировать положение всех управляемых центром БЭС. Управление БЭС из ЦУ может осуществляться в нескольких режимах: автономного управления и ручного дистанционного управления.

В режиме автономного управления должны выполняться следующие функции: передача и корректировка маршрута движения; корректировка параметров движения на отдельных участках маршрута (скорость на галсах); активация и деактивация БЭС.

В режиме дистанционного ручного управления осуществляется дистанционное управление движением БЭС с использованием СУДиМ по данным МПЦ и МПСС; дистанционное управление ГЭУ, ВЭУ, ЭЭС и ОСС по данным состояния ТС БЭС; изменение режима управления БЭС.

Во всех режимах управления БЭС в центре отображается получаемая видеoinформация, навигационная информация и состояние ТС БЭС. Также во всех режимах управления обеспечивается безопасность плавания БЭС и осуществляется предупреждение аварий движения БЭС.

номного и дистанционного управления судами. В настоящее время в АО «Кронштадт Технологии» активно решаются вопросы создания СКУ БЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Амбросовский, Д. В. Казунин. Интегрированная система управления морскими подвижными объектами // Морской вестник. – 2019. – № 1 (69). – С. 83–87.
2. В. М. Амбросовский, Д. В. Казунин. Идентификация параметров математической модели движения морского подвижного объекта // Морской вестник. – 2017. – № 3 (63). – С. 95–99. ■

Методы решения задач синтеза алгоритмов управления следящими приводами широко описаны в технической литературе [1]. Однако некоторые актуальные задачи, такие как формирование динамически изменяющейся механической нагрузки на исполнительном механизме (например, рулевом приводе летательного аппарата), требуют дополнительной проработки и внедрения новых универсальных методов, базирующихся на использовании современных средств моделирования и применения специальных инструментариев различных вычислительных сред, ориентированных на решение задач в данной предметной области.

Рассмотрим задачу формирования в лабораторных условиях динамически изменяющейся нагрузки на штоке электрогидравлического рулевого привода. В качестве нагрузочного следящего привода также используется электрогидравлический привод. Для передачи усилия от нагрузочного следящего привода к рулевому приводу предлагается использовать схему «штоки встык» (рис. 1).

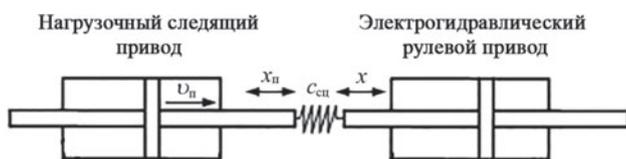


Рис. 1. Стыковка нагрузочного следящего привода с рулевым электрогидравлическим приводом
Здесь x_n – перемещение штока нагрузочного привода; v_n – скорость перемещения штока нагрузочного привода; x – перемещение штока рулевого привода

Основная проблема при решении данной задачи – необходимость анализа направления и скорости перемещения штока исследуемого электрогидравлического рулевого привода при формировании управляющего сигнала, так как от этих величин существенно зависит скорость изменения давления в полостях гидроцилиндра нагрузочного следящего привода и, следовательно, усилие нагружения.

В этой связи особое внимание необходимо уделить разработке быстродействующего алгоритма работы устройства управления гидросистемой нагрузочного привода, способного с некоторым опережением рассчитывать переходные процессы в гидросистеме и формировать управляющий сигнал для электрогидравлического усилителя (ЭГУ), обеспечивающий выполнение требований по точности и быстродействию.

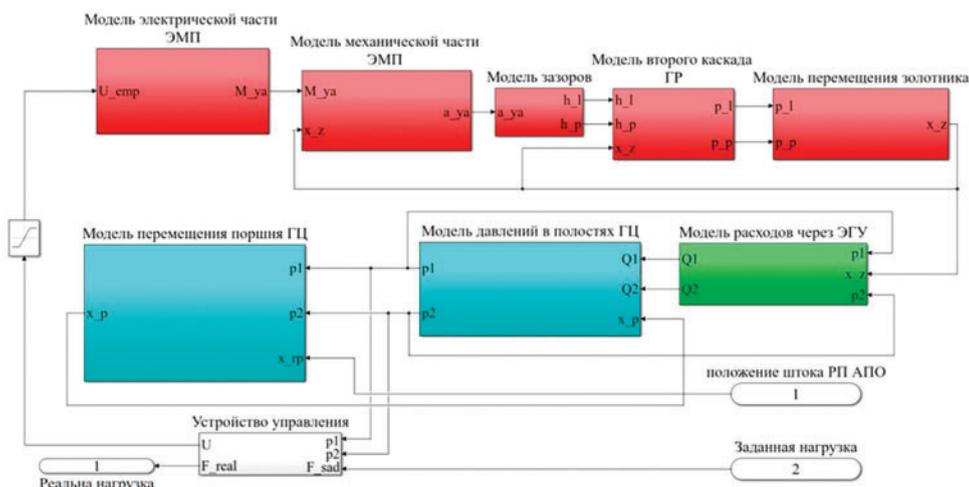


Рис. 2. SIMULINK модель гидросистемы нагрузочного следящего привода

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСТРОЙКА ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛЕДЯЩИМ ПРИВОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMULINK

А. Н. Попадьян, начальник НИЛ АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 445 0829

Эффективность и качество функционирования следящих приводов во многом определяются корректностью выбора параметров регуляторов. В качестве регулятора предлагается использовать ПИД-регулятор, содержащий в своей структуре пропорциональную, интегральную и дифференциальную составляющие сигналов, которые задаются путем выбора постоянных коэффициентов, соответствующих этим составляющим [2].

К наиболее популярным методам настройки ПИД-регуляторов, основанным на специфических алгоритмах, относятся методы Зиглера–Никольса, Коэна–Куна, метод внутреннего модельного управления (со встроенной моделью процесса), метод Саида–Мади и др. [3]. В большинстве отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблеме настройки системы с ПИД-регуляторами, можно найти обоснованные рекомендации, практически доведенные до инструкций и технологических правил и принятые в различных фирмах, корпорациях и объединениях по выпуску аппаратных средств управления технологическими процессами. Известны также решения с автоматической настройкой параметров по адаптивным алгоритмам с использованием методов нечеткой логики, генетических алгоритмов и др. [4].

Эффективность и качество оценки параметров настройки регуляторов существенно повышается за счет современных средств моделирования и применения специальных инструментариев различных вычислительных сред, ориентированных на решение задач в данной предметной области.

Для проведения автоматизированной настройки ПИД-регулятора воспользуемся разработанной в среде SIMULINK моделью гидросистемы нагрузочного следящего привода (рис. 2).

SIMULINK модель гидросистемы нагрузочного следящего привода содержит ряд блоков, описывающих физические процессы, протекающие в его составных частях. Модель базируется на следующем математическом описании.

Уравнение электрической части электромеханического преобразователя (ЭМП)

$$U_{\text{ЭМП}} = L_{\text{ЭМП}} \frac{dI_{\text{я}}}{dt} + I_{\text{я}} R + k_{\alpha} \alpha_{\text{я}} ; \quad (1)$$

$$M_{\text{я}} = I_{\text{я}} k_{\text{м}}, \quad (2)$$

где $L_{\text{ЭМП}}$ – индуктивность ЭМП; $M_{\text{я}}$ – электромагнитный момент якоря; R – активное сопротивление обмоток ЭМП; $I_{\text{я}}$ – ток якоря ЭМП; k_{α} – коэффициент, характеризующий жесткость «магнитной пружины» якоря ЭМП; $\alpha_{\text{я}}$ – угол отклонения якоря-заслонки от своего нейтрального положения; $k_{\text{м}}$ – коэффициент момента электромагнитной системы ЭМП.

Уравнение механической части ЭМП имеет вид

$$J_{\text{я}} \frac{d^2 \alpha_{\text{я}}}{dt^2} = M_{\text{я}} - \lambda_{\text{я}} \frac{d\alpha_{\text{я}}}{dt} - M_{\text{ст}} \text{sign} \frac{d\alpha_{\text{я}}}{dt} - k_{\text{ж}} x_3, \quad (3)$$

где $J_{\text{я}}$ – момент инерции якоря-заслонки ЭМП; $\lambda_{\text{я}}$ – коэффициент вязкого трения ЭМП; x_3 – смещение золотника ЭГУ; $k_{\text{ж}}$ – коэффициент, характеризующий жесткость механической связи золотника с заслонкой; $M_{\text{ст}}$ – величина момента силы сухого трения в ЭМП.

Величины левого $h_{\text{л}}$ и правого $h_{\text{п}}$ зазоров между соплами и заслонкой рассчитываются по выражениям

$$\left. \begin{aligned} h_{\text{л}} &= h_0 - l_{\text{я}} \alpha_{\text{я}} ; \\ h_{\text{п}} &= h_0 - l_{\text{я}} \alpha_{\text{я}} ; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где h_0 – зазор между соплами и заслонкой при нейтральном положении якоря-заслонки, $l_{\text{я}}$ – длина якоря-заслонки.

Уравнение изменения давления в левой и правой полостях гидросилителя $p_{\text{л}}$ и $p_{\text{п}}$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_{\text{л}}}{dt} &= \frac{2E}{V_{\text{л}}} \left(k_{\text{др,л}} (p_{\text{пит}} - p_{\text{л}}) - (h_{\text{л}} k_{\text{лз}} + p_{\text{л}} k_{\text{лп}}) - f_3 \frac{dx_3}{dt} \right); \\ \frac{dp_{\text{п}}}{dt} &= \frac{2E}{V_{\text{п}}} \left(k_{\text{др,п}} (p_{\text{пит}} - p_{\text{п}}) - (h_{\text{п}} k_{\text{пз}} + p_{\text{п}} k_{\text{пп}}) - f_3 \frac{dx_3}{dt} \right); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где f_3 – площадь сечения торца золотника; $p_{\text{пит}}$ – давление питания маслостанции; E – модуль объемной упругости рабочей жидкости; $k_{\text{др,л}}, k_{\text{др,п}}$ – коэффициенты дросселирования левого и правого дросселей; $V_{\text{л}}, V_{\text{п}}$ – объемы левой и правой полостей гидросилителя между золотником и соплом; $k_{\text{лз}}, k_{\text{лп}}, k_{\text{пз}}, k_{\text{пп}}$ – линеаризованные коэффициенты расхода по положению заслонки и давлению соответственно.

Уравнение перемещения золотника гидросилителя имеет вид

$$\frac{d^2 x_3}{dt^2} = \frac{1}{m_3} \left(f_3 (p_{\text{л}} - p_{\text{п}}) - c_3 x_3 - \lambda_3 \frac{dx_3}{dt} - F_{\text{зтр}} \text{sign} \frac{dx_3}{dt} \right), \quad (6)$$

где λ_3 – коэффициент вязкого трения при движении золотника; $F_{\text{зтр}}$ – сила сухого трения при движении золотника.

Уравнения расходов через ЭГУ запишем в виде

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= k_{\text{ГВ1}} x_3 \sqrt{p_{\text{пит}} - p_1}; \\ Q_2 &= k_{\text{ГВ2}} x_3 \sqrt{p_{\text{сл}} - p_2}; \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $k_{\text{ГВ1}}, k_{\text{ГВ2}}$ – коэффициенты дросселирования, характеризующие геометрию каналов ЭГУ и свойства рабочей жидкости (ее плотность) и определяемые на основе статических характеристик реального ЭГУ; $p_{\text{сл}}$ – давление в сливной магистрали; $p_{\text{пит}}$ – давление питания маслостанции p_1, p_2 – давление в полостях гидроцилиндра.

Уравнения давлений в полостях гидроцилиндра:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{dt} &= \frac{2E_{\text{гп}}}{V_0 + f_{\text{н}} x_{\text{н}}} \left(Q_1 - f_{\text{н}} \frac{dx_{\text{н}}}{dt} \right); \\ \frac{dp_2}{dt} &= \frac{2E_{\text{гп}}}{V_0 + f_{\text{н}} (x_{\text{макс}} - x_{\text{н}})} \left(f_{\text{н}} \frac{dx_{\text{н}}}{dt} - Q_2 \right); \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где V_0 – неизменяемый объем рабочей жидкости между ЭГУ и гидроцилиндром; $f_{\text{н}}$ – эффективная площадь гидроцилиндра

(при условии использования двустороннего гидроцилиндра величина $f_{\text{н}}$ для левой и правой его полостей одинаковая); $x_{\text{макс}}$ – максимальное перемещение поршня гидроцилиндра; $E_{\text{гп}}$ – приведенный модуль упругости стенок гидроцилиндра, трубопроводов и рабочей жидкости; $x_{\text{н}}$ – перемещение штока (поршня) гидроцилиндра, которое можно найти по формуле:

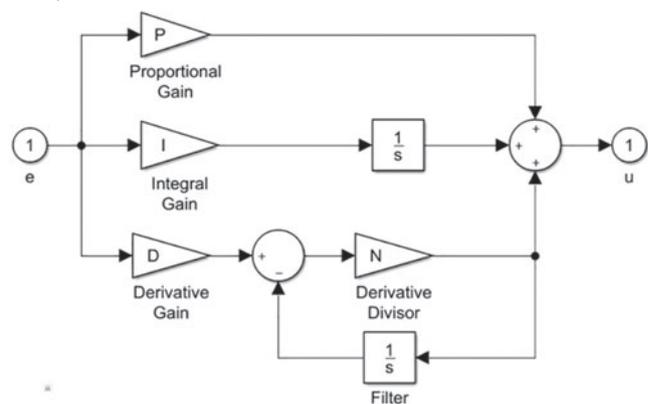
$$\frac{d^2 x_{\text{н}}}{dt^2} = \frac{1}{m_{\text{гц}}} \left(f_{\text{н}} (p_1 - p_2) - c_{\text{сц}} (x_{\text{н}} - x_{\text{рм}}) - \lambda_{\text{гц}} \frac{dx_{\text{н}}}{dt} - F_{\text{тргц}} \text{sign} \frac{dx_{\text{н}}}{dt} \right), \quad (9)$$

где $c_{\text{сц}}$ – жесткость соединения нагрузочного гидроцилиндра и гидроцилиндра рулевой машины; $x_{\text{рм}}$ – координаты штока гидроцилиндра рулевой машины; $\lambda_{\text{гц}}$ – коэффициент вязкого трения при движении поршня гидроцилиндра; $m_{\text{гц}}$ – приведенная масса подвижных частей нагрузочного гидроцилиндра; $F_{\text{тргц}}$ – сила сухого трения при движении поршня гидроцилиндра.

Блок «Устройство управления» обеспечивает выработку управляющего сигнала, подаваемого на вход ЭГУ. В его состав входит стандартный блок SIMULINK PID Controller [5]. На вход блока PID подается разница значений заданной нагрузки и нагрузки, рассчитанной по разнице давлений в полостях гидроцилиндра нагрузочного привода.

Структура и окно настройки параметров регулятора PID для выработки сигнала управления ЭГУ представлены на рис. 3, а, б. Настраиваемыми параметрами являются коэффициенты усиления трех составляющих: пропорциональной (Proportional), интегральной (Integral) и дифференциальной (Derivative).

а)



б)

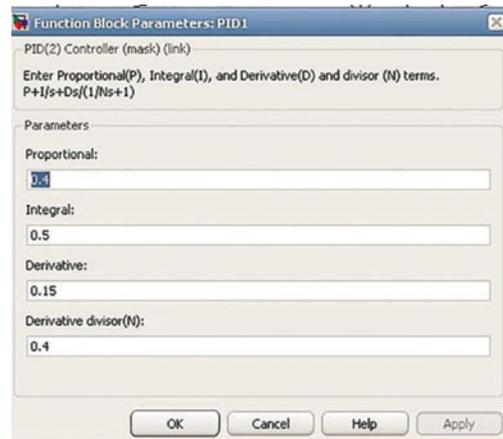


Рис. 3. Структура блока PID (а) и окно настройки его параметров (б)

Для подбора параметров ПИД-регулятора воспользуемся инструментом параметрической оптимизации «Check Step Response Characteristics» (CSRC) из состава библиотеки SIMULINK Signal Constraints. Алгоритм динамической оптимизации, реализованный в инструменте CSRC, позволяет выставить пределы для переходного процесса и подобрать параметры модели, обеспечивающие выполнение заданных

требований [6]. В основе метода динамической оптимизации положен метод Монте-Карло.

Рассмотрим подробнее процесс настройки параметров оптимизации. Двойным щелчком мыши на блоке CSRC открывается диалоговое окно, в котором необходимо задать требуемые ограничения для переходного процесса в оптимизируемой системе (рис. 4).

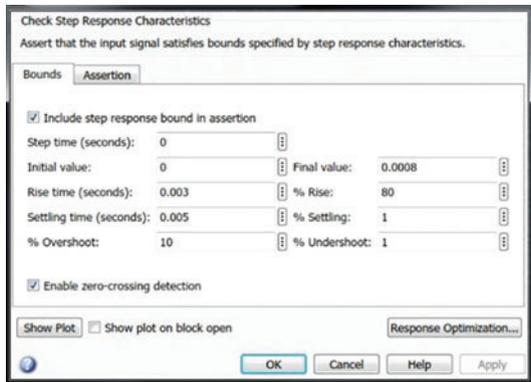


Рис. 4. Окно параметров блока CSRC

Для перехода к процессу оптимизации параметров необходимо нажать кнопку «Response Optimization...», после чего открывается главное окно блока CSRC. Далее следует определить список варьируемых параметров и диапазон их допустимых значений, для чего в выпадающем списке «Design Variables Set» надо выбрать пункт «New». В открывшемся окне (рис. 5) необходимо определить список варьируемых параметров модели и диапазоны их допустимых значений.

Окно выбора и настройки варьируемых параметров состоит из двух таблиц. В правой таблице представлен список всех доступных параметров модели, в левой – список параметров модели, выбранных в качестве варьируемых в процессе оптимизации. Для добавления или удаления параметра из списка варьируемых необходимо использовать соответствующие кнопки в виде стрелок, расположенных в центре окна. Редактируемые поля «Minimum» и «Maximum» в левой таблице оп-

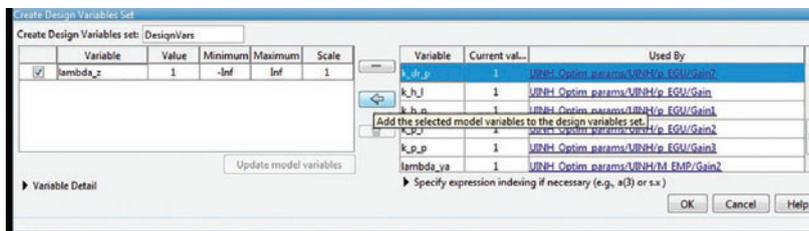


Рис. 5. Окно выбора и настройки варьируемых параметров

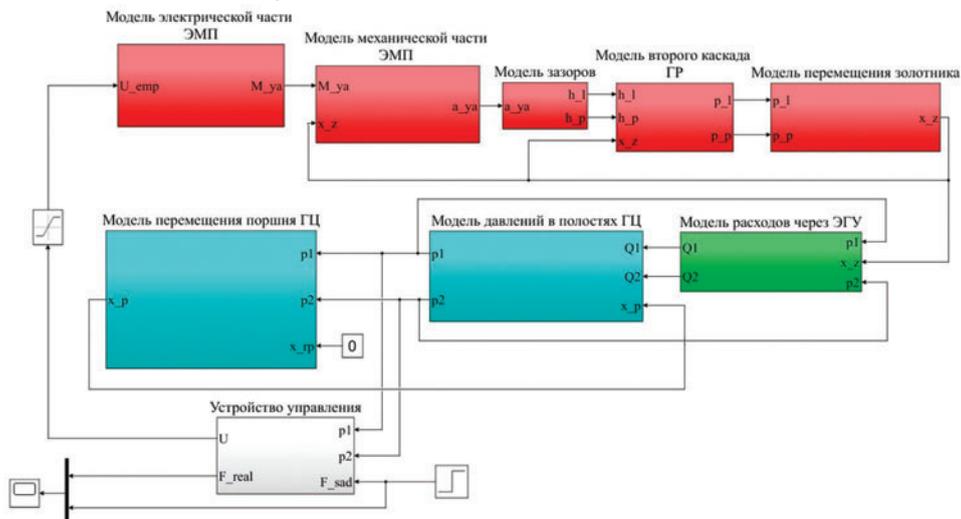


Рис. 7. Модель взаимодействия следящего привода с пружиной, закрепленной на неподвижном основании

ределяют нижнюю и верхнюю границу диапазона допустимых значений варьируемого параметра. Поле «Value» определяет текущее значение варьируемого параметра.

Для запуска процесса оптимизации надо нажать кнопку «Optimize» в главном окне блока CSRC. Пример результатов оптимизации параметров представлен на рис. 6.

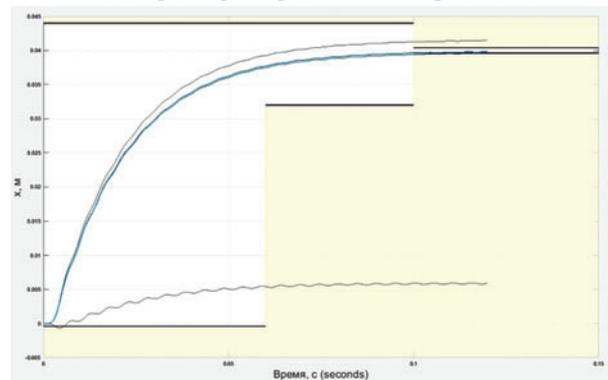


Рис. 6. Результаты оптимизации параметров модели в главном окне блока CSRC

Зададим следующие технические требования к нагрузочному следящему приводу: статическая погрешность воспроизведения заданного усилия – $\pm 5\%$; динамическая погрешность воспроизведения заданного значения усилия на штоках силового привода в рабочем диапазоне частот – не более $\pm 15\%$.

Настройку параметров ПИД-регулятора предлагается проводить в два этапа. На первом этапе моделируется работа гидросистемы следящего привода при нагружении пружины (позиционная линейная нагрузка), закрепленной на неподвижном вертикальном основании. Данная модель представлена на рис. 7. Для моделирования процесса на вход «x_гр» блока «Модель перемещения поршня ГЦ» необходимо подать постоянный нулевой сигнал, а на вход «F_sad» блока «Устройство управления» – ступенчатое воздействие с заданной амплитудой.

Для управления нагрузочным приводом выберем П-регулятор. Для этого коэффициенты усиления интегральной дифференциальной составляющих блока PID необходимо

сделать равными 0. Результат работы модели – параметры переходного процесса – представлен на рис. 8 и является удовлетворительным.

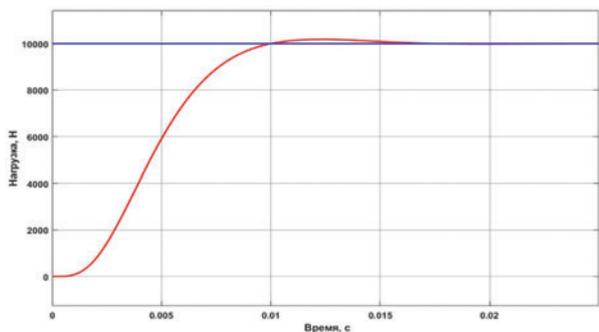


Рис. 8. Результат работы модели взаимодействия следящего привода с пружиной, закрепленной на неподвижном основании

На втором этапе в процессе моделирования работы гидросистемы следящего привода при нагружении с пружиной, закрепленной на основании, перемещающемся линейно с заданной скоростью, необходимо выполнить проверку и, при необходимости, уточнить параметры ПИД-регулятора. Для этого на вход x_{gr} блока «Модель перемещения ГЦ» подается линейно изменяющийся с постоянной скоростью сигнал (рис. 9).

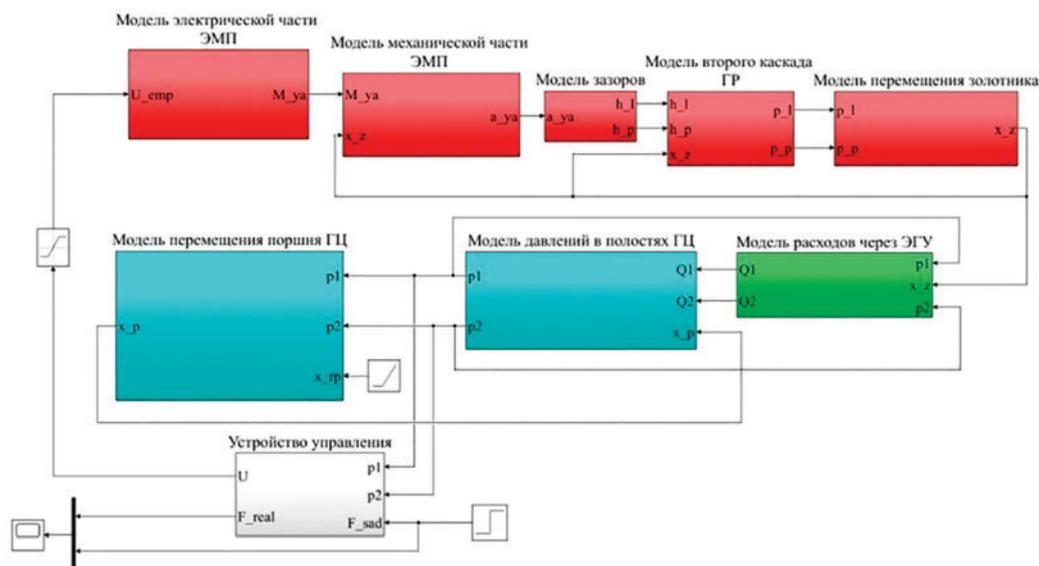


Рис. 9. Модель взаимодействия следящего привода с пружиной, закрепленной на подвижном основании

Такой режим соответствует основному режиму работы нагрузочного привода, если принимать за подвижное основание шток исследуемого гидроцилиндра. В нашем случае скорость подаваемого сигнала – 0,1 м/с. Результат работы модели представлен на рис. 10.

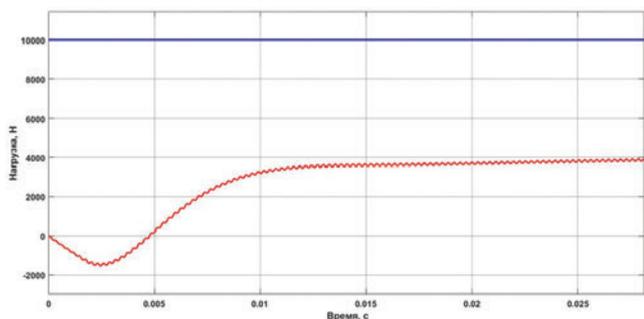


Рис. 10. Результат работы модели взаимодействия следящего привода с пружиной, закрепленной на подвижном основании

Как видно из рис. 10, полученные параметры переходного процесса неудовлетворительны и по статической, и по динамической ошибкам. Таким образом, выбранный П-регулятор не справился с управлением при заданных параметрах и требует оптимизации за счет учета интегральной и дифференциальной составляющих. Результат работы модели после оптимизации параметров ПИД-регулятора представлен на рис. 11.

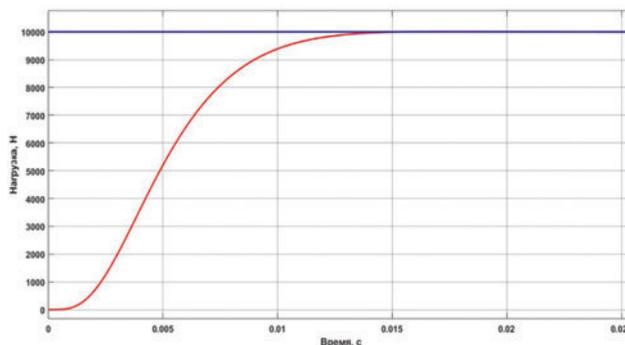


Рис. 11. Результат работы модели взаимодействия нагрузочного привода с пружиной, закрепленной на подвижном основании

Сравнение результатов моделирования (рис. 8 и рис. 11) позволяет сделать вывод, что по всем параметрам переходный

процесс, полученный при подвижном основании пружины нагружения, значительно лучше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесекиерский В.А. Теория систем автоматического управления. – М.: Профессия, 2007. – 752 с.
2. Жмудь В.А. Моделирование, исследование и имитация замкнутых систем автоматического управления. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – 396 с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
4. Мирошник В.И., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
5. Жмудь В.А., Ядрышников О.Д. Численная оптимизация ПИД-регуляторов с использованием детектора правильности движения в целевой функции // Автоматика и программная инженерия. – 2013. – № 1 (3). – С. 54–70.
6. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Control system toolbox, MatLab 5 для студентов. – М.: ДИАЛОГ МИФИ, 1999. – 287 с. ■

Сейчас уже ни для кого не секрет, что «зрение под водой» для надводных и подводных плавсредств обеспечивается с помощью гидроакустических комплексов, важнейший параметр которых – скорость распространения звуковых волн в водной среде. Наряду с акустическим методом измерения используются неакустические расчетные методы. Среди множества таких методов выделяют общепринятый метод расчета скорости распространения звука в морской воде по формулам ЮНЕСКО (1983), принятого в качестве международного стандарта. Эти расчеты проводятся на основе физических параметров морской воды: солености, температуры и давления (STD).

В июне 2019 г. АО «Морские навигационные системы» (далее – АО «МНС») заключило партнерское соглашение с ведущим производителем микроструктурных зондов с частотой измерений более 1000 Гц, немецкой компанией Sea & Sun Technology GmbH (рис. 1).



Рис. 1. Микроструктурные зонды

Эта компания поставляет свою продукцию в Россию с момента своего основания в 1998 г. и стала хорошо известна в основном благодаря уникальной семиэлектродной платиновой ячейке электропроводности, которой оснащаются все зонды компании. Ее высокая точность, стабильность и простота в использовании стали одними из основных преимуществ зондов Sea & Sun Technology.

Визитной карточкой компании стали различные модификации мультипараметрического зонда STD 48 (рис. 2).



Рис. 2. Мультипараметрический зонд STD 48

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДВОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.С. Кожевников, коммерческий директор АО «МНС»,
Александр Сячин, руководитель направления Sea & Sun Technology GmbH по Восточной Европе и Скандинавии,
контакт. тел. (812) 320 3840



Рис. 3. Свидетельство о регистрации зондов серии STD 48 в Госреестре СИ

Из-за небольшого диаметра, всего 48 мм, зонд получил широкое распространение в высокоширотных и южных областях, при измерениях в озере Байкал и на Ближнем Востоке с максимально возможными концентрациями растворенных солей, долговременных автономных и онлайн постановках. Им также оснащаются дрейфтеры, AOV и ROV.

Осенью 2018 г. зонд STD 48Mc с оптическим датчиком растворенного кислорода применялся при тестировании метода вертикального профилирования на ходу судна во время 44-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Борис Петров» Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и получил высокую оценку автора методики доктора физико-математических наук профессора В. Т. Пака.

Эта методика легла в основу нового совместного проекта Sea & Sun Technology с компанией Deck Marine Systems (Эстония). Целью этого амбициозного проекта стала разработка автоматической системы вертикального профилирования по ходу судна на скорости до 20 уз. То есть речь идет о замене так называемых обрывных зондов ХВТ.

Еще один из наиболее значимых проектов – разработка термохалинной

косы, предназначенной для исследования мезомасштабных вихрей в океане. Термохалинная коса с 15 зондами STD 48Mc, различными датчиками со специально разработанным управляемым депрессором позволяют определять одновременно вертикальный градиент распределения солености на заданном горизонте в верхних слоях океана. В настоящее время система проходит полевые испытания.

К слову сказать, зонды серии STD 48 производства Sea & Sun Technology относятся к высшему метрологическому классу и внесены в Государственный Реестр средств измерений под номером 70179-18 (рис. 3).

В июле 2019 г. компания Sea & Sun Technology GmbH вошла в список наиболее инновационных компаний Германии.

Подробнее ознакомится с продукцией компании Sea & Sun Technology – разработчика, производителя и поставщика подводных зондов, морских систем и технологий для высокоточных океанографических, гидрографических и лимнологических измерений, исследования грунтовых и сточных вод и добычи полезных ископаемых – можно во время проведения выставки-конференции «Нева-2019» в Санкт-Петербурге на стенде АО «МНС» (G-6122) с 17 по 20 сентября 2019 г. ■

Прежде всего поясним сущность термина «расходные элементы корабельных систем» (РЭ КС). Необходимость в данном термине обусловлена различием в подходах к организации контроля работоспособности элементов КС. По этому признаку элементы КС разделим на две группы:

- группа элементов, составляющих неотделимую часть собственно корабля, работоспособность которых контролируется ежедневно по команде «Оружие и технические средства осмотреть и проверить»;
- группа элементов, входящих в состав КС временно (торпеды, мины, АПА), «осмотреть» которые можно, а «проверить» в условиях корабля, как правило, нет. Именно эти элементы КС будем называть «расходными» (РЭ).

Контроль работоспособности РЭ подчинен календарной стратегии технического обслуживания, периодичность которого регламентирована разработчиком. При этом, естественно, разработчик проявляет «осторожность» в назначении сроков сдачи РЭ «на берег» для очередного технического обслуживания (ТО). Чаще всего сдаваемые РЭ КС могли бы еще послужить на носителе. Нетрудно видеть, что частые ТО удорожают эксплуатационный цикл РЭ и снижают оперативную готовность носителя. Выход из создавшегося положения связывают с внедрением системы автоматизированного контроля работоспособности (САКР) РЭ, позволяющую реализовать прогрессивную стратегию ТО «по состоянию».

Однако не все так однозначно. К примеру, если при разработке и производстве РЭ обеспечена надежность, допускающая срок содержания их на носителе, превышающий срок планового ремонта носителя, то САКР не нужна.

Авторы статьи предлагают вниманию читателей аналитический аппарат, позволяющий обосновывать условия, при которых САКР РЭ необходима.

Обоснование требований к САКР, обеспечивающей техническую готовность боекомплекта (БК) носителя к применению и гарантирующую надежность РЭ на траектории не ниже P_B , выполним на основе графовой модели (рис. 1), имитирующей процесс «движения» образцов РЭ в эксплуатационном цикле «носитель–береговая база технического обслуживания» с учетом их возможных состояний [2]:

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАСХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Р.В. Долбилли, канд. техн. наук, ген. директор,
Ю.И. Стекольников, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник,
АО «Маяк»,
контакт. тел. (812) 583 2716, +7 (921)405 9870*

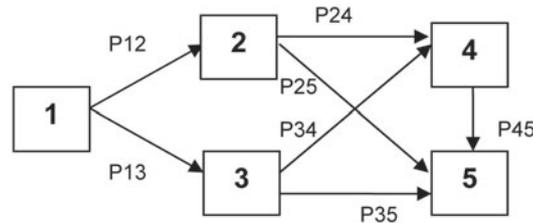


Рис. 1. Граф состояний РЭ КС

1 – РЭ в состоянии хранения на носителе; 2 – неработоспособные РЭ в состоянии контроля работоспособности с помощью САКР на носителе; 3 – работоспособные РЭ в состоянии контроля работоспособности с помощью САКР на носителе; 4 – РЭ в ходе контроля работоспособности признан неработоспособным, сдается на базу и заменяется в боекомплекте (БК) носителя образцами, прошедшим контроль «на берегу»; 5 – РЭ в ходе контроля признан работоспособным и остается в БК; $P_{13} = P_{BO}$ – вероятность нахождения РЭ в работоспособном состоянии при подаче на носитель; P_{BO} – значение показателя безотказности (надежности) РЭ КС, достигнутое при их разработке и производстве; $P_{24} = 1 - \beta$; $P_{35} = (1 - a)$ – вероятность безошибочной работы САКР на соответствующих этапах; a – вероятность идентификации САКР работоспособного РЭ неработоспособным (ошибка первого рода); β – вероятность идентификации САКР неработоспособного РЭ работоспособным (ошибка второго рода); $P_{34} = a$; $P_{25} = \beta$ – вероятности реализации ошибок САКР на соответствующих этапах; $P_{45} = P_B(1 - a)$ – вероятность нахождения РЭ в работоспособном состоянии, поставляемых «с берега» в БК носителя взамен непрошедшего контроль САКР.

Тогда доля работоспособных РЭ в БК носителя D_{PC} после одного цикла «контроль – замена неработоспособных элементов» составляет

$$D_{PC} = P_3 P_{35} + P_4 P_{45} \quad (1)$$

Здесь $P_4 = P_2 P_{24} + P_3 P_{34}$; $P_2 = 1 - P_B$; $P_3 = P_B$.

После несложного преобразования выражение (1) примет вид

$$D_{PC} = P_B(1 - a) + ((1 - P_B)(1 - \beta) + a P_B) P_B(1 - a) \quad (2)$$

Используем выражение (2) в качестве функционала для исследования условий, при которых доля работоспособного оружия в БК носителя составляет максимальную или приемлемую величину.

На графике рис. 2 показана зависимость величины D_{PC} (показатель статической эффективности САКР) при различных значениях показателя безотказности РЭ, а также ошибок первого и второго рода САКР.

Некоторые выводы:

- использование САКР для технического обслуживания РЭ на носителе (при реалистичных значениях ошибок диагностирования в 1 – 15% и уровня безотказности оружия поставляемого «с берега», в 0,85 и выше) дает возможность поддерживать в технической готовности 90–95% БК РЭ;
- эффективность использования САКР тем выше, чем ниже надежность РЭ, подаваемых на носители. Так, при уровне надежности РЭ=0,65 применение САКР в эксплуатационном цикле может обеспечить долю БК носителя в работоспособном состоянии до 0,8 и выше;
- при обеспечении высокой надежности РЭ (0,85 и выше) эффект от использования САКР незначителен и установка данных систем на носителях нецелесообразна.

Важное значение для анализа условий эффективного функционирования

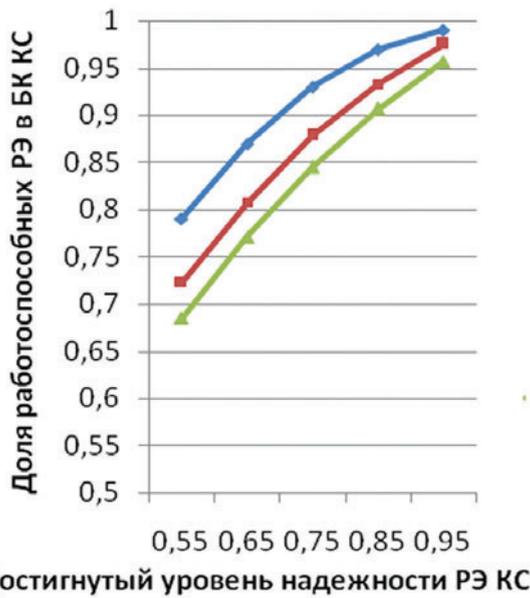


Рис. 2. Исследование эффективности САКР РЭ КС в различных условиях
 — ош. 1-го и 2-го рода – 1%; — 10%; — 15%

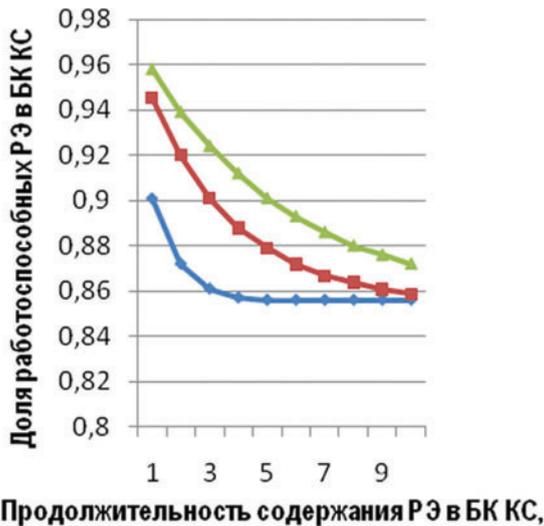


Рис. 3. Исследование эффективности САКР РЭ КС в зависимости от их надежности и срока содержания на носителе
 — наработка на отказ РЭ – 1 год; — 3 года; — 5 лет

САКР имеет динамическая характеристика $D_{PD}(\tau)$ – изменение доли работоспособных РЭ в БК носителя во времени.

Известно, что основной режим эксплуатации РЭ КС – режим ожидания использования их по назначению. В этих

условиях можно допустить предположение, что поток отказов РЭ является простейшим (стационарным и без последствий) [1]. Тогда функция надежности РЭ может быть представлена аналитическим выражением (3).

$$P_B(\tau) = P_{BO} e^{-\lambda\tau}, \quad (3)$$

где $\lambda=1/T$ – интенсивность отказов РЭ по данным войсковых испытаний, 1/лет. T – наработка на отказ РЭ, число лет.

Кроме того, следует допустить, что восстановление работоспособности РЭ «на берегу» является полным, т. е. до уровня P_{BO} . Тогда $P_{45} = P_{BO}$.

С учетом этих допущений динамическая характеристика эффективности САКР может быть представлена выражением

$$D_{PD}(\tau) = P_B(\tau)(1-a) + P_{BO}(1-P_B(\tau)-\beta) + P_B(\tau)P_{BO}(\beta+a). \quad (4)$$

На графике рис. 3 приведены данные расчета доли работоспособных РЭ в БК КС в зависимости от срока содержания их на носителе при различных значениях времени наработки на отказ T .

Анализ результатов расчета позволяет сделать ряд выводов:

- эффективность САКР существенно зависит от достигнутого значения наработки РЭ на отказ, особенно в первые годы содержания их на носителе (в примере – до пяти лет);
- при длительной эксплуатации РЭ на носителе эффективность САКР монотонно снижается, приближаясь к некоторому «устойчивому» пределу (в примере $D_{PD} = 0,86$).

Предлагаемый в статье подход к оценке эффективности функционирования САКР РЭ КС должен рассматриваться специалистами как один из возможных. Авторы надеются на то, что приведенная методика расширит используемый инструментарий, применяемый при обосновании требований к САКР РЭ КС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябинин И. А., Киреев Ю. Н. Надежность судовых электроэнергетических систем и судового электрооборудования. – Л.: Судостроение, 1974.
2. Стекольников Ю. И. Транспортный модуль морского подводного оружия. Исследовательское проектирование. – СПб.: Изд. ВМА, 2007. ■

Российская Федерация как полноценный участник мирового судоходства обязана поддерживать качество услуг на уровне, сопоставимым или превосходящим таковой у конкурентов. Дальний Восток в силу своего удобного географического расположения – важный логистический узел в международной транспортной системе. Осуществление безопасного торгового мореплавания в дальневосточных морях становится актуальной задачей для народно-хозяйственного комплекса нашей страны. Исследование различных аспектов морской аварийности позволяет выработать решения для повышения безопасной эксплуатации флота и репутации России как страны-участницы транспортного процесса.

Цель данной работы – определение веса ошибки оператора в аварийном случае (АС) на морском судне, предмет рассмотрения – звено «оператор–машина». Для установления значимости человеческого фактора в создании предпосылок АС необходимо проанализировать достаточное количество транспортных происшествий на море; установить причастность к аварийности членов экипажа; выявить и классифицировать функционал, в рамках которого локализуется причина аварии; определить вес и цену ошибки оператора.

АВАРИЙНОСТЬ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ ЗА 2011–2018 ГГ.

Основные понятия и терминология в рамках данной работы должны рассматриваться, в первую очередь, применительно к деятельности звена «оператор–машина», или человеческого фактора. При этом влияние сугубо эргатической составляющей (стресс, усталость, состояние опьянения и другие психофизиологические аспекты) здесь и далее не рассматривается. Предполагается, что к эксплуатации такой сложной эрготехнической системы, каковой является современное морское судно, допускаются члены экипажа, годные по медицинским показателям и имеющие практический опыт работы на судне.

Под *торговым мореплаванием* следует понимать совокупность видов деятельности, связанной с использованием морских судов: грузо- и пассажироперевозки; промысел водных биологических ресурсов; разведка морского дна и его недр; гидротехнические, подводно-технические и другие подобные работы.

Безопасность мореплавания – состояние судоходства, при котором обеспечивается необходимый уровень надежности и живучести судна, управления им и эксплуатации его технических средств под воздействием внутренних и внешних факторов.

АВАРИЙНОСТЬ НА МОРЕ: ВЕС И ЦЕНА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

М.В. Гомзяков, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела надзора за мореплаванием Дальневосточного управления государственного морского надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Gomzyakov-mv@dvgosmornadzor.ru

Аварийный случай – происшествие при осуществлении торгового мореплавания, связанное с утратой мореходных качеств судна или же причинением вреда людям и/или окружающей морской среде.

Оператор–машина – элемент, компонент, функциональный модуль, который может быть рассмотрен как самостоятельная единица и эргатическая составляющая человека [3].

База исходных данных. В качестве исходных данных служат результаты расследований аварийных случаев в подконтрольной сфере Дальневосточного управления государственного морского надзора (ДВУ Госморнадзора) и информация с официального сайта Ространснадзора [4, 7]. На последнем содержится краткая статистика аварийности с разбивкой по годам, а также по видам аварий и тяжести последствий [7].

За рассматриваемый период в дальневосточных морях РФ произошло и было расследовано 393 АС. Эта цифра охватывает все происшествия в зоне ответственности ДВУ Госморнадзора с транспортными, рыболовными судами, а также с иным флотом, осуществляющим торговое мореплавание.

База данных аварийности (БДАС) на первом этапе была проанализирована на предмет влияния на возникновение аварии человеческого фактора. Точкой бифуркации служит раздел в акте расследования причина, где присутствуют или

отсутствуют сведения о причастности к АС судового или берегового персонала. Все без исключения происшествия были поделены на две части: происшедшие по причине человеческого фактора (ЧФ) и по причине непреодолимой силы (форс-мажор, или ФМ).

Было установлено, что в среднем аварийность, связанная с ЧФ, за указанный период равняется 85,5% (от 75 до 92%) и тенденцией к увеличению (рис. 1). Качество самой эргатической составляющей не рассматривалось, учитывалась лишь ее причастность к аномальной эксплуатации флота и судовых технических средств. Пример ФМ – обстоятельства непреодолимой силы, непредвиденного события, наступления которого было невозможно предвидеть или было предельно маловероятно, может служить намотка на винт судна приотпленной сети в акватории, где не ведется лов рыбы сетями, или скрытый дефект детали, приведший к поломке технического средства.

Факт перераспределения причин аварийности в пользу человеческого фактора требует отдельного исследования вне рамок данной работы.

Отказ звена «оператор–машина» как элемента системы, характеризующегося неспособностью исполнять требуемую функцию, выходит на первый план, поэтому его пытаются стандартизировать [1, 3]. Доля причастности к АС человеческого фактора, установленная

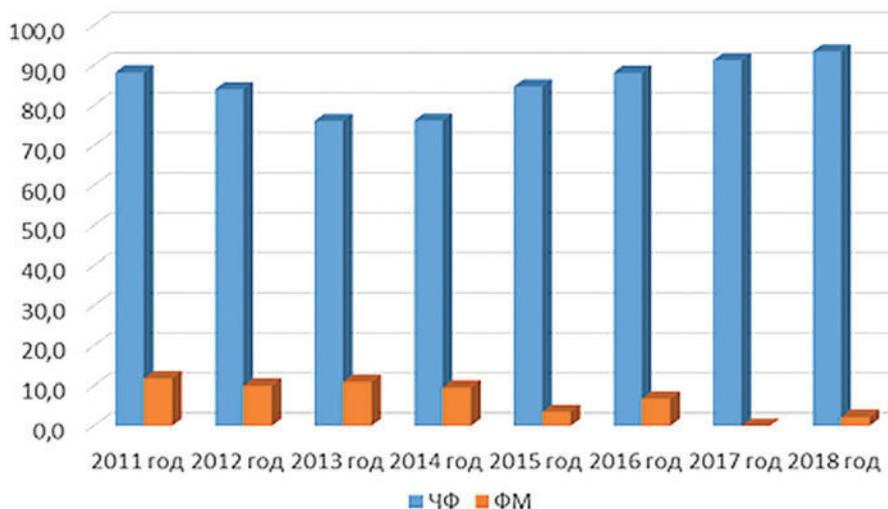


Рис. 1. Причастность звена «оператор–машина» к морским авариям

автором при анализе БДАС, не противоречит другим исследованиям в данной области [6].

ФУНКЦИОНАЛ ЗВЕНА ОПЕРАТОР–МАШИНА

По мнению автора, применяемая в настоящее время при статистической обработке БДАС классификация причин не в полной мере способствует установлению первоначального звена в цепи событий, приведших к происшествию. Так, согласно заключению о расследовании АС 28.03.2018 г. при постановке судна к причалу произошло «обесточивание буксира-кантовщика «Циклон» при подходе к причалу, в результате чего произошел навал на него с повреждением буксира и причала». Данный случай по виду аварии квалифицирован как «повреждение судна с появлением эксплуатационных ограничений в результате навала на причал», однако при этом полностью игнорирован тот факт, что компетентность технической судовой службы (в данном случае старшего механика) оказалась недостаточной, чтобы обеспечить бесперебойную подачу основного, а затем своевременную подачу аварийного электроснабжения. При такой формулировке репутационные издержки достаются штурманскому составу и не затрагивают лиц, ответственных за функционирование СТС. Без обратной связи, воздействующей на «спусковой крючок» аварии, задача системного обеспечения безопасности мореплавания неразрешима.

Анализ ошибок судового персонала следует вести в соответствии с направлением деятельности: перевозка грузов или добыча биоресурсов.

Человеческий фактор целесообразно рассматривать с точки зрения его функционала, ради которого он находится на конкретном судне, с точки зрения осуществляемой на судне деятельности.

Функции экипажей морских судов достаточно подробно регламентируются Международной конвенцией ПДНВ–78 с поправками [2]. Тем же документом подразделяется степень ответственности персонала за исполнение деятельности в пределах функций.

ВЕС ОШИБКИ ОПЕРАТОРА

Вес ошибки оператора, установленный по существующим методикам, может оказаться не соответствующим действительности. Доказательством служит приведенный пример с кантовщиком «Циклон».

Необходимы новые подходы к установлению значимости ошибочных действий эргатического звена. Одним из таких подходов, по мнению автора, может стать оценка ошибки по функциям и уровням конвенции [2] с учетом функ-

Таблица весов АС по функциям и уровням ПДНВ–78 и правилам промысла

Уровень/функция	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Управление	0,1395	0,0081	0,0267	0,1163	–	0,1198	0,0023	0,0395
Эксплуатация	0,1302	0,0081	0,0302	0,0651	0,0314	0,1326	0,0023	0,0419
Вспомогательный	0,0012	0,0000	0,0651	0,0035	0,0035	0,0174	0,0000	0,0151

ции добычи биоресурсов моря. В настоящее время квалификационные требования к морякам и рыбакам при выдаче дипломов практически одинаковы, с оговоркой, что первым проставляется ограничение «только нерыболовные суда». Таким образом, с определенными допущениями можно считать правила промысла отдельной дополнительной функцией, реализуемой только экипажами добывающих судов в установленных районах промысла.

Методика «взвешивания» ошибок заключается в следующем: каждый АС с причастностью ЧФ причисляется к одной или нескольким группам (функциям). Всего групп восемь: Ф1 – судовозжение; Ф2 – обработка и замещение грузов; Ф3 – эксплуатация судна и забота о людях; Ф4 – судовые механические установки; Ф5 – электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления; Ф6 – техническое обслуживание и ремонт; Ф7 – радиосвязь; Ф8 – правила промысла. Кроме того, происшествие оценивается по одному из трех уровней ответственности: управление; эксплуатация; вспомогательный (рис. 2).

Уровень управления – это уровень ответственности, связанный с принятием решения по службе – штурманской или технической: капитан, старший помощник капитана, старший или второй механик.

Уровень эксплуатации – уровень ответственности с принятием решений в пределах вахты и/или заведования: вах-

тенный помощник капитана, вахтенный механик, электромеханик, радиооператор, судовой врач.

Вспомогательный уровень связан с выполнением назначенных задач, обязанностей под контролем лиц вышестоящих уровней: матрос, моторист, электрик, токарь, рыбообработчик.

Новая методика позволяет учитывать количество лиц, допустивших нарушения (на уровне их ответственности), которые привели к АС (см. рис. 2).

Полученные данные сведены в табл. 1. Определенные в ходе анализа БДАС показатели могут послужить основой для корректировки программ базовой и дополнительной профессиональной подготовки для все трех уровней ответственности.

СТОИМОСТЬ ОШИБКИ

Оценка материального ущерба – не предмет рассмотрения при расследовании аварийных случаев уполномоченным органом, однако начиная с 2015 г. в информационных системах учитывается такой показатель, как «простой судна», выражаемый в сутках или часах. Анализ АС, в которых при расследовании установлен простой судна, показал, что данный показатель находится в пределах 9–15 суток. Средний простой рыболовного и транспортного судна равен 13 суткам (рис. 3).

За рассматриваемый период наблюдается тенденция к сокращению времени простоя судна после аварии. Следует отметить, что при расчете данного

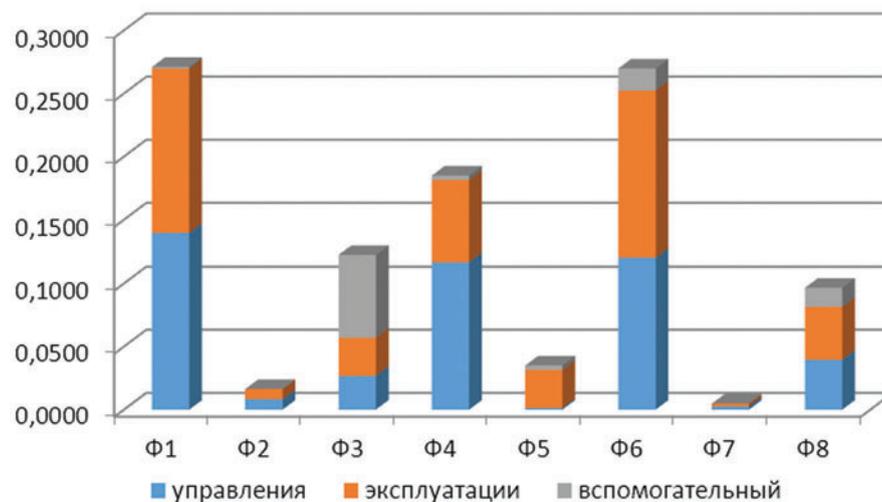


Рис. 2. Вес АС по функционалу и ответственности

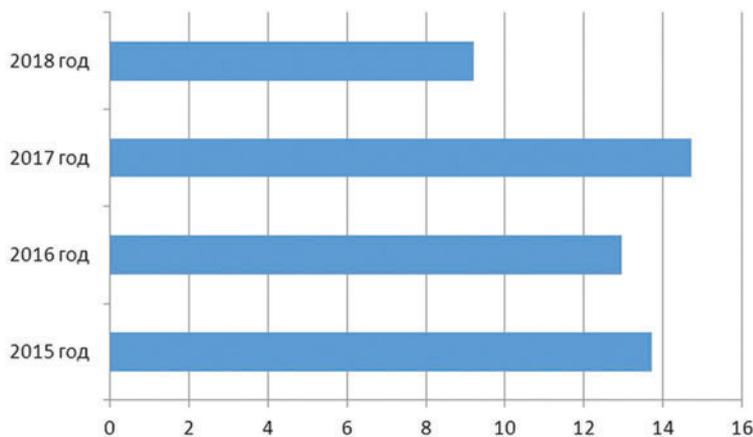


Рис. 3. Средний простой аварийного судна, сут

Таблица 2

Рейтинг ошибок по функциям и уровням ПДНВ–78 и правил промысла

Функция	Уровень	Вес
Ф1 – судовождение	Управление	0,1395
Ф6 – техническое обслуживание и ремонт	Эксплуатация	0,1326
Ф1 – судовождение	Эксплуатация	0,1302
Ф6 – техническое обслуживание и ремонт	Управление	0,1198
Ф4 – судовые механические установки	Управление	0,1163
Ф3 – управление операциями и забота о людях	Вспомогательный	0,0651
Ф4 – судовые механические установки	Эксплуатация	0,0651
Ф8 – правила промысла	Эксплуатация	0,0419
Ф8 – правила промысла	Управление	0,0395
Ф5 – электрооборудование и аппаратура управления	Эксплуатация	0,0314
Ф3 – управление операциями и забота о людях	Эксплуатация	0,0302
Ф3 – управление операциями и забота о людях	Управление	0,0267
Ф6 – техническое обслуживание и ремонт	Вспомогательный	0,0174
Ф8 – правила промысла	Вспомогательный	0,0151
Ф2 – перевозка и размещение грузов	Управление	0,0081
Ф2 – перевозка и размещение грузов	Эксплуатация	0,0081
Ф4 – судовые механические установки	Вспомогательный	0,0035
Ф5 – электрооборудование и аппаратура управления	Вспомогательный	0,0035
Ф7 – радиосвязь	Управление	0,0023
Ф7 – радиосвязь	Эксплуатация	0,0023
Ф1 – судовождение	Вспомогательный	0,0012
Ф2 – перевозка и размещение грузов	Вспомогательный	0,0000
Ф7 – радиосвязь	Вспомогательный	0,0000

показателя не включались АС с гибелью судна, продажей или переводом после происшествия в длительный отстой.

После определения веса каждой операторской ошибки построена рейтинговая таблица (табл. 2).

Ранжирование показало, что наибольший вес имеют ошибки судовождения на уровне управления и технического обслуживания на уровне эксплуатации, которые практически одинаковы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ БДАС позволил сделать следующие выводы:

1. Установлена доля АС, произошедших по причине ошибок оператора.
2. Проведено распределение происшествий по функциям конвенции ПДНВ–78 и правил промысла.
3. Установлена степень ответственности оператора по уровням конвенции ПДНВ–78 и правил промысла.
4. Определен вес ошибки оператора в каждом аварийном случае по причине воздействия человеческого фактора.
5. Установлена стоимость аварийного случая в сутках простоя судна.

Полученные результаты могут служить основой для определения степени риска как деятельности компании-судовладельца, так и отдельного судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р МЭК 62508–2014 Менеджмент риска. Анализ влияния на надежность человеческого фактора.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ–78) с поправками.
3. ГОСТ Р 51901.5–2005 (МЭК 60300–3-1:2003)Руководство по применению методов анализа надежности.
4. Турищев И. П., Гомзяков М. В., Москаленко О. В. Анализ аварийности морских транспортных и рыбопромысловых судов в Азиатско-Тихоокеанском регионе в зоне ответственности Дальневосточного управления государственного морского надзора за период с 2011 по 2014 год [текст] // Сб. ст. науч.-практ. семинара «Актуальные вопросы морской отрасли – 2016». – Владивосток: Изд. ДВИК, 2016. – 110 с.
5. Положение о расследовании аварий или инцидентов на море (ПРАИМ–2013), – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2014. – 48 с.
6. Шурпак В. К. Анализ аварийности на судах и технология технического наблюдения. – Электр. изд. PRoАтом № 16.06.2010.
7. Анализ и состояние аварийности: Сведения об аварийности с судами на море и внутренних водных путях / Госморречнадзор. – [Электр. ресурс]: URL: <http://sea.rostransnadzor.ru/funktsii/rassledovanie-transportnyh-proissheshe-analiz-i-sostoyanie-avarijnost> (Дата обращения: 18.05.2019). ■

Междисциплинарность подхода к развитию теоретических принципов интерпретации сложных систем существенно обогащает контекст, в котором реализуется механизм взаимодействия с аудиторией. Во все времена эта парадигма опиралась на прочный естественнонаучный фундамент, на использование достижений математики как основы процесса обучения. Среди фундаментальных результатов, получаемых при построении курса современной компьютерной математики (КМ) как информационного «ядра» изучаемых интеллектуальных технологий [1–13], следует выделить концепцию минимальной длины описания А. Н. Колмогорова [2], принцип нелинейной диссипации Н. Н. Моисеева [4] и методы решения некорректных (обратных) задач А. Н. Тихонова [10]. Для иллюстрации приведем сравнительные данные курса КМ по [3] и предлагаемую в работе [8] структуру (табл. 1).

Как следует из табл. 1, предлагаемая структура курса ориентирована на формальный аппарат исследования и практических приложений при разработке сложных систем. При этом открываются возможности и других интерпретаций в случае использования нестандартных решений. Одним из важных направлений функционирования программного комплекса интеллектуальной поддержки (ИП) является моделирование процесса оптимизации последовательных программ вычислительного комплекса КМ при организации структурированного диалога в процессе обучения. Рассматриваемая модель состоит из двух частей. Первая часть модели содержит термины для описания объекта структуризации и оптимизации. К ним относятся термины для описания вычислительной среды КМ (термины ситуации) и термины для описания языка (термины знаний). Вторая часть определяет термины, позволяющие описать процесс оптимизации программы ИП.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ЗНАНИЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Совокупность технологий и методов, формирующих ядро (сущность) разрабатываемых решений по созданию новой техники и технологий, определяет парадигму вычислительного интеллекта при реализации программного комплекса ИП процесса обучения. Среди компьютерных технологий, используемых при функционировании

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

*В.В. Григорьев-Голубев, канд. физ.-матем. наук, декан,
Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.,
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, проректор по международным связям, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 751 1911, 714 2923*

Таблица 1
Сравнительные данные о содержании курса компьютерной математики

Главы	Содержание курса [3]	Предлагаемая структура
1	Множества	Теоретико-множественная интерпретация динамики сложных систем
2	Отношения	Отношения в моделях знаний и базах данных
3	Функции	Функции интерпретации в пространствах поведения и управления
4	Основные понятия арифметики	Коды Грея и Фибоначчи. Символическая динамика
5	Алгебраические структуры	Фрактальные и когнитивные структуры, аттракторы
6	Матрицы	Матричное представление стратегических решений
7	Теория графов	Граф-интерпретации динамики сложных систем
8	Языки и грамматики	Языки и средства описания поведения сложных систем
9	Конечные автоматы	Сценарный подход. Ансамбль траекторий
10	Компьютерная геометрия	Динамическая визуализация. Виртуальная реальность

программного комплекса ИП в сложной динамической среде, следует выделить структуры [8]

$$MCT = \langle DM, BD, DH, DS \rangle, \quad (1)$$

где MCT – область знаний, интегрирующая вычислительные технологии; DM (Data Mining) – алгоритмы анализа данных и выявление «скрытых» закономерностей; BD (Big Data) – методы и модели, определяющие поиск и формирование сложных, больших, разбросанных, меняющихся массивов данных; DH (Digital Hummunity) – процедуры, определяющие построение массивов структурированных данных на основе неструктурированной информации; DS (Data Science) – работа с данными, направленная на понимание «скрытых» закономерностей, формирование нового знания.

Рассматривая структуры (1) с позиции создания формирующего ядра программного комплекса ИП на базе достижений современной КМ, можно сформулировать общий подход к интерпретации знаний эволюционной динамики сложных систем:

- выявление общих закономерностей эволюционной динамики развивающихся систем при интерпретации взаимодействия ДО в пространствах поведения и управления динамической модели СТК;

- построение комбинаций данных с целью создания интерпретирующих структур (функций интерпретации) для поиска и выделения массивов данных, определяющих формирование алгоритмов идентификации, аппроксимации и прогноза на интервале реализации;
- реализация системы динамической визуализации «скрытых» закономерностей и результатов анализа и моделирования процессов эволюционной динамики в условиях неопределенности и неполноты исходной информации.

Представленные направления интерпретации знаний определяют наиболее важные аспекты приложения достижений современной КМ при функционировании программного комплекса ИП в интегрированной среде высокопроизводительных вычислений.

При интерпретации эволюционной динамики в моделях современной КМ на базе современной теории катастроф (СТК) рассматривается двухуровневое пространство взаимодействия. Модель взаимодействия в пространствах поведения R' и управления R'' формирует множество Ω (Beh) и Ω (Con) со следующей характеристической функцией [6]:

$$\Omega(Int) = \begin{cases} \Omega(Beh) \in R'; \\ \Omega(Con) \in R'', \end{cases} \quad (2)$$

где Ω (Beh) – множество, отображающее модели идентификации, аппроксимации и прогноза; Ω (Con) – множество генерации альтернатив, выбора предпочтительной технологии и выработки управляющих воздействий.

Синтез генерируемых решений определяется в соответствии со структурой [8]

$$\begin{aligned} E \cap \overline{X \cup Y} &= (E \cap \overline{X}) \cup (E \cap \overline{Y}), \\ E \cap \overline{E \cap X} &= E \cap \overline{X}, \end{aligned} \quad (3)$$

где E – заданное множество преобразования информации; X – подмножество множества E , определяющее аксиоматический базис и формальный аппарат ИП; $E \cap \overline{X}$ – множество замыкания X относительно E ; Y – множество в структуре E , реализующее процедуры обработки информационных объектов на основе фрактальных и когнитивных отображений.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Концептуальная модель обработки информации при интерпретации функционального пространства NN-систем в сложной динамической среде имеет вид

$$S(U) = \left\langle F(Com); \{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\} \rightarrow Y(R) \right\rangle, \quad (4)$$

где $S(U)$ определяет множество стратегий управления, а ее компоненты представляют следующие структуры: $F(Com)$ – множество элементов, реализующих принцип конкуренции; $T(t, \tau)$ – множество моментов времени, определяющих модель развития контролируемых ситуаций; $X(KB)$ – множество элементов оперативной базы данных; $Q(V, W)$ – множество значений вектора входных воздействий (состояние нестационарной внешней среды); $\{T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\}$ – множество закономерностей в данных; $Y(R)$ – множество правил обобщения информации; τ – интервал времени реализации.

Обратная алгоритмическая связь в концептуальной модели (4) используется для моделирования формирования управляющих воздействий. Обеспечение взаимодействия при ИП реализуется на основе критериев максимальной эффективности. Принцип обратной алгоритмической связи уменьшает неопределенность в оценке и анализе текущего состояния обучаемого и неоднозначность в выборе способов формирования управляющих воздействий в зависимости от особенностей возникающих ситуаций.

Интерпретация динамических ситуаций в процессе обучения осуществляется в рамках СТК [6]. Конфигурация программного комплекса ИП представляется фрактальным графом [7]



Рис. 1. Концептуальная модель интегрированного программного комплекса

$G(F_R) = (V(E, U), A(E, C))$, (5)
 формализующим события ($V(E, U)$), описывающие действия в системе обучения, и условия $A(E, C)$ в виде логического описания ее состояния. Как следует из этого представления, управляющий модуль комплекса ИП обеспечивает обработку потока информации, связанного с состояниями исследуемого МДО и условиями описания его эволюции в процессе эволюции в нестационарной динамической среде.

На рис. 1 приведена формальная модель программного комплекса ИП, обеспечивающего решение задач моделирования интерпретации решений в мультипроцессорной вычислительной среде.

Функциональный блок комплекса содержит интерпретирующий и вычислительный модули, обеспечивающие моделирование и визуализацию проблемы с использованием фрактальной геометрии и энтропийного анализа. Интеграция указанных компонент реализована в рамках СТК и позволяет формализовать процессы обработки информации на основе данных физического эксперимента, достижений современных интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений [8].

Приложения разработанных методов рассмотрены применительно к наиболее

сложным концептуальным решениям в области интеллектуальных технологий, обеспечивающих безопасность мореплавания и посадку летательных аппаратов (ЛА) корабельного базирования (рис. 2) [1, 5, 9].

В рамках представленной концептуальной модели формализуются процессы структурной и функциональной конфигурации МДО на основе аппарата знаний логической системы, организованной на базе синергетической теории управления [7] и когнитивной парадигмы [8] с использованием принципа сложности [6] и концепции минимальной длины описания MDL [2].

Теоретические основы приведенных на рис. 2 технических решений разрабатываются в рамках системного подхода и общих принципов формализации знаний при изучении наиболее существенных свойств геометрических пространств и методов их преобразования, связанных с отображением сложных физических явлений на основе СТК.

ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТК В ПРОСТРАНСТВЕ ЗНАНИЙ ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ОБУЧЕНИЯ

Виртуальная среда ИП процесса обучения использует различные моде-



Рис. 2. Динамические картины взаимодействия МДО на волнении и ледовом поле и при посадке ЛА корабельного базирования в штормовых условиях

ли. Наиболее простая модель реализуется на основе теории цепей Маркова [8] в следующем виде: «состояния связей в поставленной задаче → восприятие аудиторией особенностей задачи → подкрепление в виде пояснения сути выполняемых операций → изменение связей по результатам обучения».

В качестве примера определим модель обучения в виде трех состояний – 2, 1, 0. Каждый элемент ИП в состоянии 1 связан с правильной реакцией на поставленный вопрос. Для перехода в состояние 2 необходимо, чтобы этот элемент был выбран так, чтобы между ним и ответом была установлена связь. Вычислив таким образом все элементы передаточной матрицы, получим

$$P = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ c/2 & 1-c/2 & 0 \\ 0 & c & 1-c \end{bmatrix} \quad (6)$$

Приведенная матрица отображает модель обучения с состоянием 2. Вероятность обучения в такой модели равна 1. Для получения дальнейшей информации относительно этой модели вычисляется фундаментальная матрица и строится последовательность операций по реализации принятой модели обучения.

В основу концептуальных решений по реализации модели обучения положена динамическая модель СТК (рис. 3), отображающая поведение МДО как нелинейной нестационарной системы (NN-система) в виде обобщенной структуры [7]:

$$DM(Cat) = \langle H(Cat), A(Cat) \rangle, \quad (7)$$

где $H(Cat)$, $A(Cat)$ – компоненты, характеризующие нестационарную среду

взаимодействия исследуемого динамического объекта (ДО) в сложных, в том числе и нестандартных (нештатных и экстремальных) ситуациях.

Геометрическая и аналитическая интерпретация физических картин взаимодействия в NN-системе на основе компонент $H(Cat)$ и $A(Cat)$ имеет вид [6]

$$H(Cat) = \langle B(t), W(t), V(t) \rangle; \quad (8)$$

$A(Cat) = \langle A(CR), A(PH), A(ND) \rangle$, (9) где $B(t)$ – бифуркационное множество, представляющее собой образ особого множества в пространстве управляющих параметров; $W(t)$ – множество, отображающее динамическую среду, интегрирующую влияние внешних возмущений и особенностей динамики объекта; $V(t)$ – множество, отображающее структурные изменения в форме МДО, вызванные непрерывным изменением действующих возмущений; $A(CR)$ – математическая модель, отображающая оценку среды взаимодействия на основе критериальных соотношений; $A(PH)$ – математическая модель, отображающая оценку динамической среды с помощью теории стохастических систем и синергетической парадигмы; $A(ND)$ – математическая модель, отображающая оценку динамической среды на основе нейродинамической ND-системы.

Формирование структуры данных при моделировании динамических ситуаций реализуется в направлении перестройки организации данных в мультипроцессорной вычислительной среде [5]. Процесс перестройки сопровождается *фазовым переходом*, в результате которого отмечается качественный скачок в изменении элементов моделируемого МДО, причем последовательность перестройки осуществляется в виде сле-

дующей цепочки преобразования информации [7]:

$$F(SA) \rightarrow \text{Fluct} \rightarrow \text{Bifurc} \rightarrow \text{Reorg} \rightarrow F(NSA), \quad (10)$$

где $F(SA)$ – функционирование МДО в области притяжения исходной структуры-аттрактора; Fluct – отклонения (флуктуации); Bifurc – бифуркация; Reorg – реорганизация (фазовый переход); $F(NSA)$ – функционирование в области новой структуры-аттрактора.

Модель эволюции структуры, определяющей динамику NN-системы при реализации СТК, представляется в виде структуры взаимодействия МДО с внешней средой W . Эта структура может изменяться, и ее вариация δW на заданном временном интервале времени $[t_0, t_k]$ принадлежит множеству $DM(Cat)$: $\delta W \in DM(Cat)$ с учетом наложенных ограничений в виде заданных функционалов. Множество вариаций $\Delta \delta W$ на структуре W NN-системы в рамках СТК определяется путем решения задачи оптимизации в виде заданного функционала на множестве W в заданном интервале S [8]:

$$Q(W) \rightarrow \min_{W \in S} \quad (11)$$

Вероятность выбывания нерациональных решений для $Q > 0$ определяется на основе соотношения

$$P_{oi} = Q_{oi} / \sum_{i=1}^n Q_{oi} \quad (12)$$

Процесс выбывания структур повторяется вплоть до построения оптимальной структуры взаимодействия элементов, определяющих динамику NN-системы на этапе эволюции. В качестве конкурирующей вычислительной технологии используется эволюционное моделирование на основе генетического алгоритма [17].

Таким образом, топологический синтез разрабатываемых приложений NN-систем позволяет изучать наиболее существенные свойства пространств поведения и управления СТК и методов их преобразования в нестационарной динамической среде.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ТВОРЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИОБРЕТЕНИЯ ЗНАНИЙ

Информационная среда моделирования и визуализации обсуждаемых проблем и инновационных решений по созданию новой техники и технологий представлена на рис. 4. Программный комплекс включает функциональные модули, ориентированные на решение задач обработки информации на различных этапах обучения. Иерархическая модель, объединяющая функциональные модули прикладных программ, позволяет описывать интегрированную систему приобретения



Рис. 3. Концептуальная модель эволюционной динамики системы



Рис.4. Информационная среда интерпретации генерируемых решений

знаний на различных уровнях абстракции.

Здесь последовательность А–G определяет методы моделирования исследуемого МДО как NN-системы в нестабильной среде: численный анализ на основе модели Фоккера–Планка (А); функциональный анализ на основе модифицированных уравнений Дуффинга и Матве (В), анализ эволюционирующей среды с помощью метода функционала действия (С); функции связей на основе сетевых технологий (D); обнаружение изменений, смены состояний и угрожающих ситуаций в поведении ДО (E); интерпретация среды взаимодействия на основе динамической модели СТК (F); и проблема адаптивного поведения, процессы эволюции и самоорганизации в моделях МДО и внешней среды (G).

Как видно из рис. 4, задачи обработки экспериментальной информации представляют собой основное содержание пяти основных направлений, реализуемых системой ИП процесса

обучения. Автоматизация процесса моделирования с использованием этой системы позволит не только существенно увеличить производительность работы интерпретирующей системы, но и сохранить накопленные знания и опыт для использования при контроле нештатных и экстремальных ситуаций при функционировании МДО при различном уровне действующих возмущений.

Развитие новых подходов к моделированию динамики сложных систем в эволюционирующей среде открывает перспективы создания интеграционных теорий и концептуальных решений при интерпретации динамических ситуаций в режиме экстренных вычислений (Urgent Computing – UC) [13], реализация которого позволяет формализовать процессы взаимодействия на уровне многопоточного и многозадачного параллелизма (рис. 5) [8].

Многопоточный параллелизм позволяет синхронизировать потоки информации и обеспечивает оперативную смену потоков на процессорах. Это от-

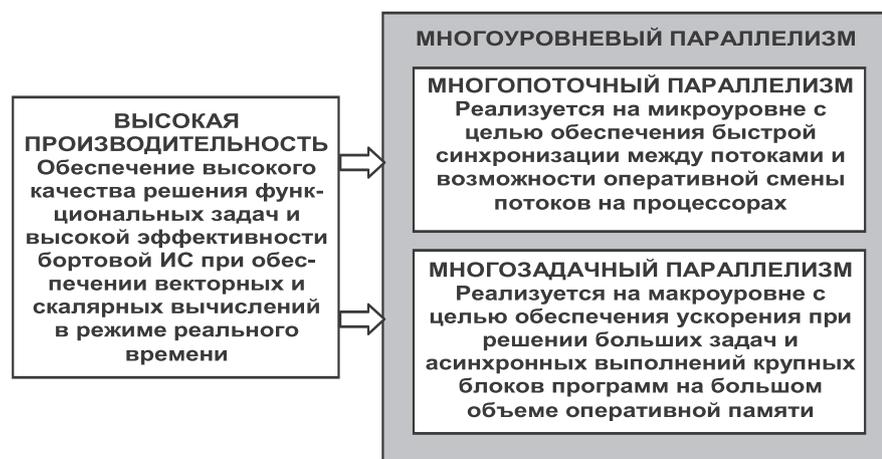


Рис.5. Параллельная обработка информации при реализации режима UC

крывает возможности эффективного распараллеливания сильно связанных вычислений путем разделения их на небольшие потоки и распределяя потоки между процессорами.

Многозадачный параллелизм позволяет асинхронно выполнять крупные блоки программ на большом объеме оперативной памяти, которая является суммой оперативной памяти распределенной системы. В итоге распараллеливание на уровне задач дает возможность не только ускорить выполнение больших задач, но и разместить в оперативной памяти данные, которые не могут быть размещены и обработаны на одном кристалле ввиду их большого объема.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ СУДОСТРОЕНИЯ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

При формировании программного комплекса ИП процесса обучения основное внимание обращается на реализацию интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений. В качестве примеров рассмотрим наиболее важные приложения – нейродинамическое моделирование как наиболее эффективную вычислительную технологию при решении трудноформализуемых задач создания новых технических решений. Общая стратегия использования нейродинамических ND-моделей [5], включающих нейронечеткое и нейроэволюционное моделирование, определяется как задача построения зависимости с заданными свойствами по дискретному набору данных (рис. 6).

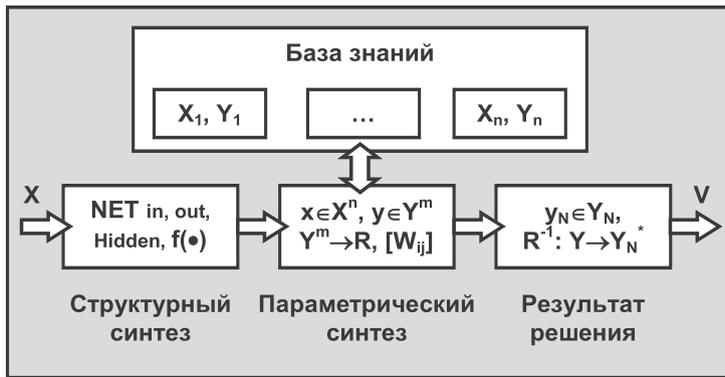
ND-системы являются мощным инструментом решения различных задач интерпретации информации в системах искусственного интеллекта (СИИ) новых поколений. Архитектура таких систем отвечает жестким требованиям к надежности контроля текущих ситуаций в режиме UC. Важнейшим фактором, определяющим качество работы нейронечеткой системы, является динамическая база знаний, формализация которой достигается с помощью нечеткой формальной системы (НФС), а искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой универсальный аппроксиматор текущих ситуаций в условиях неопределенности и неполноты информации.

Формально такая задача построения структуры ИНС в рамках ND-системы сводится к поиску непрерывной функции с заданными свойствами в виде отображения [5]

$$F: X^n \rightarrow Y^m, x \in X^n \subset R^n, y \in Y^m \subset R^m \quad (13)$$

как вектора в координатном пространстве размерностью n , равной числу уз-

а)



б)

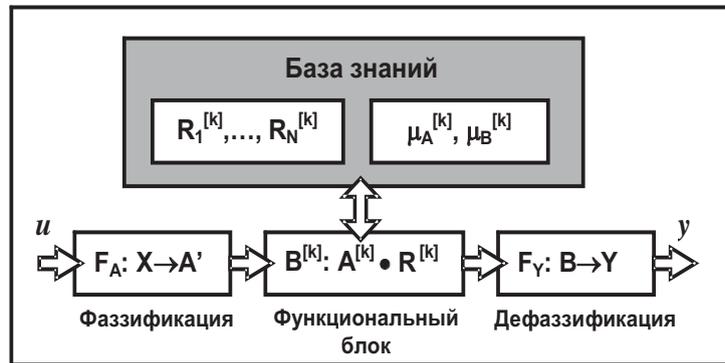


Рис. 6. Схемы нейросетевой (а) и нечеткой (б) моделей

лов-точек входного набора данных x и точку-вектор U в m -мерном пространстве параметров нейросетевой модели. Отображение (13) удовлетворяет заданным ограничениям и обобщенному критерию качества нейродинамической аппроксимации:

$$C_R \{ \text{Appr}(ND), \text{For}(ND) \}: Y^m \rightarrow R. \quad (14)$$

Этот критерий включает в себя требуемую точность аппроксимации (минимизацию ошибки) и дополнительные требования к внешнему виду или поведению модели за пределами области данных. Задача оптимизации определяется как поиск вектора параметров оптимизируемой модели, реализация которой обеспечивает минимальное расхождение от данного дискретного набора данных.

Таким образом, реализация нейросетевых технологий при контроле пове-

дения ДО связана с решением сложных задач, связанных в выборе топологии и обучением сети. В качестве числовой меры точности нейросетевой модели используется нормированная среднеквадратическая ошибка

$$S_N = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (y_i - y_i^*)^2 / (N-1) \right]}{(y_{\max}^* - y_{\min}^*)}, \quad (15)$$

где $(y_{\max}^* - y_{\min}^*)$ – размах наблюдения величины y^* .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный подход к интеграции знаний в области интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений на базе СТК и КМ позволяет охватить широкий класс прикладных задач инновационных приложений при создании новой техники и технологий в судостроении и морской

технике. Обсуждаемые примеры построения научной системы знаний, определяющих концептуальные решения подготовки высококвалифицированных специалистов, свидетельствуют о возможности широкого использования теоретических основ моделирования NN-систем на основе концептуальных решений при создании СИИ новых поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортовые интеллектуальные системы. – Ч. 1: Авиационные системы. Ч. 2: Корабельные системы. – М.: Радиотехника, 2006. Ч. 3: Системы корабельной посадки летательных аппаратов. – М.: Радиотехника, 2008.
2. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987.
3. Кук Д., Бейс Г. Компьютерная математика. – М.: Наука, 1990.
4. Мусеев Н. Н. Избранные труды. – М.: Тайрекс Ко, 2003.
5. Нейрокомпьютеры в интеллектуальных технологиях XXI века. – М.: Радиотехника, 2011.
6. Нечаев Ю. И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011.
7. Нечаев Ю. И. Топология нелинейных нестационарных систем: теория и приложения. – СПб.: Арт-Экспресс, 2015.
8. Нечаев Ю. И. Современные проблемы информатики и вычислительной техники. – СПб.: Арт-Экспресс, 2018.
9. Системы искусственного интеллекта в интеллектуальных технологиях XXI века. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011.
10. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986.
11. Foster I., Zhao Y., Raicu I., Lu S. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared // Preprint arXiv:0901.0131, 2008. – [Электронный ресурс]: <http://arXiv.org/ftp/arXiv/paperS/0901/0901.0131.pdf>
12. Lublinsky B. Defining SOA as an architectUral StYle. – 9 JanUarY 2007. [Электронный ресурс]: <http://WWW.ibm.com/deVeloperWorkS/architectUre/librarY/ar-SoaStYle/>
13. Urgent CompUting WorkShop 2007. Argonne National Lab, UniVerSitY of Chicago, April 25 –26, 2007. [Электронный ресурс]: <http://SprUce.teragrid.org/WorkShop/Urgent07.php>. ■

Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с поправками 1995/2010 г. (ПДНВ-78/95) установила набор требований к подготовке экипажей судов. Однако на сегодняшний день нет ни примерных рабочих программ, разработанных ИМО, ни национальных программ подготовки экипажей судов, подпадающих под действие Международного кодекса по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки (далее – Кодекс МГТ).

В данной статье автор обобщил требования ПДНВ-78/95 (с поправками 2010 г.), правила и опыт эксплуатации судов, работающих на газомоторном топливе (ГМТ) в ПАО «Совкомфлот», и адаптировали их к принятым в России методам подготовки морских специалистов с учетом опыта работы учебно-тренажерного центра (УТЦ) «Совкомфлота» по переподготовке экипажей судов с использованием тренажеров различных производителей.

Специфика методов заключается в одностадийной подготовке морского офицерского состава.

В УТЦ «Совкомфлота» экипажи судов проходят дополнительную профессиональную подготовку для работы на судах серии «Проспект Гагарина», работающих на сжиженном природном газе, сжигаемом в МОД (малооборотный дизель).

Привлечение опытных специалистов с реальным опытом работы на судах типа «Проспект Гагарина», специалистов инженерного центра и отдела управления флотом «Совкомфлота» позволило УТЦ «Совкомфлота» разработать программы подготовки и полноценный курс подготовки экипажей судов, работающих на ГМТ, который прошел независимое освидетельствование и получил одобрение квалификационного общества Бюро Веритас.

Разработка дополнительных профессиональных программ начальной и расширенной подготовки в УТЦ «Совкомфлота» для судов, подпадающих под действие Кодекса МГТ (далее – Судов) проводилась в соответствии со статьей 76 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», пунктами 67 и 69 Положения о дипломировании членов экипажей морских судов, утвержденного Приказом Минтранса России от 15 марта 2012 г. № 62. Программы соответствуют требованиям пункта 1 Раздела А-V/3 Главы V Кодекса ПДНВ.

Ниже представлены основные идеи, которые легли в основу рабо-

ТИПОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ ЭКИПАЖЕЙ СУДОВ, ПОДПАДАЮЩИХ ПОД ДЕЙСТВИЕ КОДЕКСА МГТ, В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНВЕНЦИИ ПДНВ-78/95 (ЧАСТИ А-V/3)

*М.С. Ковальский, директор учебно-тренажерного центра ПАО «Совкомфлот»,
контакт. тел. +7(962) 686 8853*

чей программы «Расширенная подготовка для судов, попадающих под действие Кодекса МГТ», рассчитанной на проведение занятий в объеме 30 часов (15 – лекционный курс, 15 – практические занятия), для офицерского и рядового состава, работающего на борту Судов (далее – Программа).

Предложенная авторами Программа ориентирована на повышение квалификации капитанов, механиков и любых лиц, на которых возложена непосредственная обязанность по обслуживанию и использованию топлива и топливных систем на судах, подпадающих под действие Кодекса МГТ, в объеме требований, указанных в таблице А-V/3-2 Раздела А-V/3 Кодекса ПДНВ. Она состоит из девяти основных частей.

1. Физические и химические свойства топлив, применяемых на Судах.

1.1. Изучение основных химических и физических свойств топлива, применяемого на Судах, включая:

- химическую структуру, калориметрические и термические свойства, характеристики топлив, включая термодинамические законы их поведения как идеальных и как реальных сред, а также загрязняющие характеристики топлива;
- свойства чистых жидкостей и растворов, для которых рассматриваются основные законы и диаграммы состояния парожидкостных смесей: критические параметры газов, давление/температура насыщенных паров, точку росы и точку насыщения, а также температуру вспышки, верхние и нижние пределы воспламеняемости, температуру самовозгорания, метановое число/детонационная характеристика;
- эксплуатационные вопросы использования криогенных топ-

лив: параметры образования гидратов и термодинамические методы профилактики и борьбы с ним; параметры горения: величины нагревания; свойства материалов, их реакция на воздействие низкой температуры газообразного и жидкого криогенного топлива; хрупкий излом методы хранения криогенных видов топлива.

1.2. Изучение содержания информации листа данных безопасности (ЛДБМ), в котором описаны вещество и его компоненты, содержится необходимая для потребителя информация о безопасном обращении с веществом, а также меры для предотвращения возникновения опасностей для судна/персонала.

2. Изучение органов управления топливными системами судовой энергетической установки, а также к устройствам, обеспечивающим безопасность на Судах, включающие:

- принципы безопасной эксплуатации судовых энергетических установок, работающих на сжиженном газе;
- принципы безопасной эксплуатации специализированных вспомогательных судовых устройств, механизмов, работающих в составе судовых энергетических установок, работающих на сжиженном газе.

3. Безопасное выполнение операций, относящихся к топливу, используемому на Судах, и проведение мониторинга таких операций на тренажере.

3.1. Конструкция и характеристики Судов.

3.2. Конструкция систем и оборудования Судна, включая топливные системы для различных двигателей; системы хранения топлива; конструкционные и изоляционные материалы; оборудование и приборы для работы с топливом (топливные насосы низкого

и высокого давления, теплообменные аппараты (испарители, нагреватели, узлы повышенного давления; топливные трубопроводы, расширительные устройства; огнепреграждающие экраны. Также конструкция систем мониторинга (температуры, уровня, давления); поддержание температуры давления и состава среды в цистернах криогенного топлива; системы обнаружения токсичных и воспламеняющихся газов; система аварийного выключения (САВ) топливной системы.

3.3. Процедуры ввода/вывода топливных цистерн в эксплуатацию, проведение мониторинга операций, включая выполняемых на тренажере: инертирование, газификация, охлаждение, загрузка, регулирование давления, нагревание топлива, осушение систем, нагрев.

4. Планирование и мониторинг безопасной бункеровки, хранения и удержания топлива на Судах с использованием тренажера.

4.1. Термины и определения для общения в процессе бункеровки.

4.2. Общие знания о судах-бункеровщиках.

4.3. Использование имеющихся на Судне данных по бункеровке, хранению и удержанию топлива, рассматриваемого в Кодексе МГТ.

4.4. Поддержание четкой и конкретной связи между Судном и терминалом, автомобилем или Судном, подающим бункерное топливо, обеспечивающей контроль и безопасность процесса бункеровки.

4.5. Процедуры обеспечения безопасности и выполнения действий в чрезвычайной ситуации при работе с механизмами, топливными системами и системами управления на Судах и проведение мониторинга таких операций, которые *выполняются на тренажере*.

4.6. Профессиональные навыки при работе с бункерными системами на Судах, включая процедуры: по бункеровке, действий при чрезвычайных ситуациях, взаимодействие «судно-берег»/«судно-судно», предотвращение самопроизвольного смешивания слоев топлива, которые проводятся для обеспечения безопасности операций и предотвращения повреждений в результате разливов, а также загрязнения окружающей среды.

4.7. Профессиональные навыки выполнения измерений и расчетов для топливной системе, включая количество максимального наполнения, количество на борту (КНБ), минимальный остаток на борту (ОНБ), расчеты потребления топлива.

4.8. Организация обеспечения безопасного проведения бункеровки и

других операций, связанных с топливом, рассматриваемых в Кодексе МГТ, одновременно с другими операциями на Судне (как в порту, так и в море).

5. Меры предосторожности по предотвращению загрязнения окружающей среды в результате выхода топлива с Судов с использованием тренажера.

5.1. Воздействие загрязнения на человека и окружающую среду.

5.2. Меры, которые необходимо предпринимать в случае разлива/утечки/выхода, включая процедуры реагирования, индивидуальную защиту при реагировании на разлив/утечку топлива, рассматриваемого в Кодексе МГТ, которые *демонстрируются на тренажере*.

6. Мониторинг и контроль за соблюдением законодательных требований.

6.1. Положения Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (Конвенция МАРПОЛ) и других документов ИМО, общеприменимых руководств отрасли и правил портов.

6.2. Профессиональные навыки планирования и выполнения операций в соответствии с Кодексом МГТ и соответствующих документов для работы с топливом на Судах, с соблюдением соответствующих документов ИМО и установленных отраслевых стандартов, а также кодексов безопасной рабочей практики.

7. Меры предосторожности по предотвращению опасностей.

7.1. Опасности, относящиеся к операциям с топливными системами на судах, включая взрывоопасность токсичность, реактивность, коррозионность; опасности для здоровья; электростатические опасности; опасность газов под давлением и при низких температурах, и меры их контроля (борьбы).

7.2. Профессиональные навыки при калибровке и использовании устройств для мониторинга и обнаружения утечек топлива на Судах, систем аварийной сигнализации о повышенном содержании газов в среде. Действия персонала в случае их срабатывания.

7.3. Опасности, связанные с несоблюдением соответствующих норм/правил. Выбор и принятие надлежащих мер борьбы.

7.4. Метод оценки риска и проведение анализа рисков на Судах. Практическое применение метода оценки рисков.

7.5. Разработка и составление планов и инструкций по безопасности для Судов: содержание, методика составления, согласование документов.

7.6. Горячие работы, вход в закрытые помещения и цистерны, включая раз-решительные процедуры. Применение устройств для обнаружения воспламеняющихся и токсичных газов. Действия при обнаружении воспламеняющихся и токсичных газов.

8. Гигиена труда и меры предосторожности, обеспечивающие безопасность на Судне.

8.1. Обучение использованию оборудования защитных устройств, включая дыхательные аппараты, приборы для искусственного дыхания, защитную одежду и снаряжение, снаряжение и оборудование для спасения и эвакуации.

8.2. Безопасная практика работы и личная безопасность на судне, включая:

- меры предосторожности, которые должны быть предприняты до/вовремя/после проведения работ с топливными системами, рассматриваемых в Кодексе МГТ;
- электробезопасность (см. IEC 600079–17);
- контрольный перечень работ по обеспечению безопасности «судно/берег».

8.3. Оказание первой помощи со ссылкой на листы данных о безопасности работ (ЛДБМ) с используемым сжиженным газомоторным топливом.

9. Системы предотвращения пожара, борьба с пожаром и тушение пожара на Судах. Включают способы борьбы с пожаром и средства для обнаружения, тушения пожара и борьбы с пожаром при утечке топлива, рассматриваемые в Кодексе МГТ, включая огнетушащие вещества, используемые при борьбе с горением сжиженных газов. Способы использования порошков при тушении сжиженного газового топлива.

Процесс подготовки по девяти приведенным выше пунктам Программы (см. рисунок 1) включает входное тестирование, проведение теоретических и практических занятий в соответствии с учебным планом и итоговую аттестацию в виде экзамена, которые в соответствии с принятой в УТЦ «Совкомфлота» практикой проводятся для группы из 4–6 человек.

Изложение материала ведется в форме, доступной для понимания слушателей, с соблюдением единства терминологии, определений и условных обозначений, соответствующих действующим международным договоренностям и нормативно-правовым актам. В ходе занятий инструктор (преподаватель) увязывает новый материал с ранее изученным, дополняет основные положения примерами из прак-

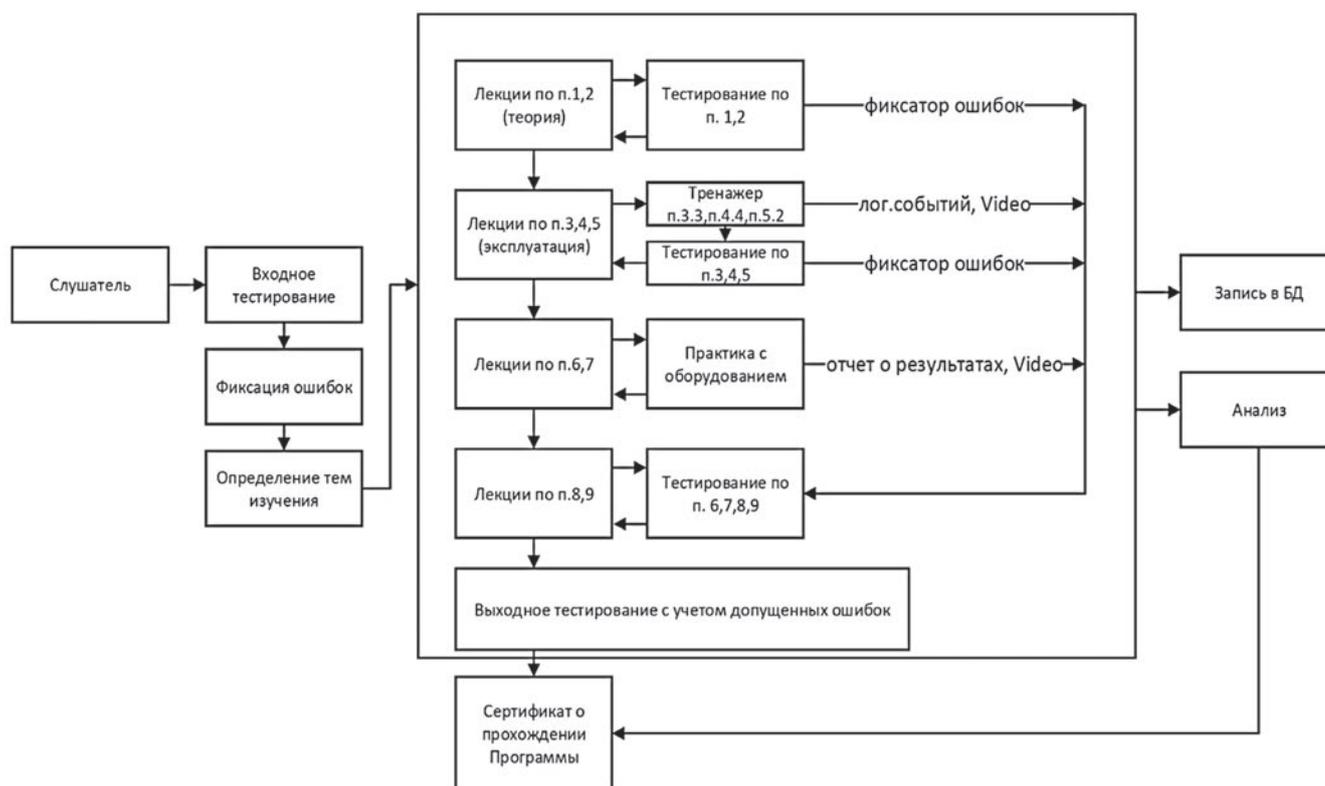


Рис. 1. Автоматизированная система изучения Программы подготовки

тики, соблюдает логическую последовательность изложения.

Практические занятия на тренажере, максимально имитирующие реальные производственные процессы на морском судне, проводятся с целью закрепления теоретических знаний и выработки у слушателей основных умений и навыков работы в сложных ситуациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению автора статьи, обсуждение приведенных в ней материалов позволит сформировать национальную типовую программу обучения специалистов по управлению судами с энергетической установкой, работающей на сжиженном природном газе,

и подпадающих под действие Кодекса МГТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция и кодекс ПДМНВ–78/95, поправки 1997, 2001.
2. ФЗ № 273 «Об образовании в Российской Федерации».
3. Положение о дипломировании членов экипажей морских судов, утвержденное Приказом № 62 Минтранса России от 15 марта 2012 г.
4. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (IGC Code).
5. Международный кодекс безопасности судов, использующих газы и другое топливо с низкой температурой воспламенения (IGF Code).
6. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС–74).
7. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ 73/78).
8. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. с Манильскими поправками 2010 г.
9. IMO Model Course 1.05 «Advance Training for Liquefied Gas Tanker Cargo Operations».
10. IMO Model Course XX.YY «Advance Safety Training for Ships using Gases or other Low flashpoint Fuels» (модельный курс находится в разработке).
11. Акулов Л.А. Установки и системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации: Учеб. пособие. – СПб.: Изд. СПбГУНиПТ, 2006. – 175 с. ■

Накануне и в годы Второй мировой войны германский флот отличался наиболее значимыми достижениями в области минно-торпедного вооружения. Поэтому руководство ВМФ СССР уделяло особое внимание изучению данного вида вооружения. Для этой цели в августе 1945 г. было создано Конструкторское бюро НК ВМФ (с 1946 г. ВМС) в Берлине, где ключевая роль отводилась минно-торпедному отделу (МТО). Для совершенствования руководства функционированием Минно-торпедного управления ВМФ (МТУ) на основании распоряжения его начальника контр-адмирала Н. И. Шибаева 22.11.1945 г. в Берлин был откомандирован инженер-капитан 1 ранга И. А. Скворцов с группой офицеров из пяти человек от Научно-исследовательского минно-торпедного института (НИМТИ) [1].

На данную группу возлагались следующие основные задачи:

- возможно более широкое привлечение для работы в КБ ВМС в Берлине крупных немецких специалистов в области минно-торпедного оружия;
- продолжение работ, начатых немецкими специалистами, по составлению описаний немецкого минно-торпедного оружия с расчетными материалами, теоретическими обоснованиями, конструктивными и технологическими особенностями;
- продолжение работ по розыску документации и специалистов, занимающихся: инголиновой торпедой; магнитным замыкателем; акустическими управляемыми торпедами (пассивными и активными); неконтактными взрывателями торпед; изучением и измерением магнитных, гидродинамических и акустических полей корабля, а также приобретением аппаратуры, применяющейся для этих целей;
- организация группы немецких специалистов на заводе «Юнкерс» в г. Дессау и руководство работами по восстановлению лаборатории и опытового цеха, а также изготовление опытных образцов двигателей для бензокислородной торпеды;
- руководство работами по восстановлению лаборатории на заводе «HASAG» в Лейпциге, после чего в ней начать разработку новых типов гидроакустических замыкателей, а также наблюдение за сдачей серийной партии гидродинамических замыкателей и приборов для измерения гидродинамического поля корабля;
- для окончания новых разработок по акустическим замыкателям для мин и акустическим приборам управления торпед организация при КБ ВМС в Берлине акустической лаборатории и небольшой мастерской;
- продолжение работы по розыску ма-

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕМЕЦКИХ НОВИНОК МИННО-ТОРПЕДНОГО ВООРУЖЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА (1945-1946)

Б.А. Барбанель, академик РАЕН, вице-президент РосНТО
им. акад. А.Н. Крылова,

В.Н. Половинкин, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф,
науч. руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

С.В. Федулов, д-р истор. наук, доцент Военно-космической академии
им. А.Ф. Можайского,
контакт. тел. (812) 315 5027

териалов и документов по организации учреждений германского флота по минно-торпедному оружию, особенно по использованию этого оружия с кораблей флота [2].

Как видно из перечня задач, круг вопросов, решаемых МТО бюро был достаточно широк. Особо необходимо остановиться на руководстве работами на заводе «HASAG». В ходе обследования группы заводов-производителей продукции военно-морского назначения Германии советскими специалистами ВМФ по электроминной аппаратуре было установлено, что завод «HASAG» акционерного общества «Hugo Scheider» в Лейпциге изготавливал гидродинамические замыкатели для морских мин под названием «Druckdosen» [3].

«Druckdosen» – высокочувствительный прибор, реагирующий на изменение высоты водяного столба величиной 10–20 см при нахождении мины на глубине 5–50 м. На заводе «HASAG» изготавливалось 3000 штук замыкателей в месяц. Производством данной продукции занимались один цех со специальным станочным оборудованием (около 1000 мелких станков) и специально оборудованная лаборатория. В ходе оккупации американской армией Лейпцига с предприятия «HASAG» ими были увезены все материалы по технологическому процессу, техническая документация, повреждены многие участки цеха и лаборатории, занимавшиеся производством замыкателей.

Данные замыкатели немцами применялись в морских донных минах, реагировавших на изменение давления воды под днищем корабля во время его прохождения над миной. Замыкатели «Druckdosen» были грозным оружием для кораблей всех морских держав, в том числе и ВМФ СССР, так как средств борьбы против них на тот момент найдено не было. Поэтому по ходатайству заместителя наркома ВМФ адмирала Л. М. Галлера Наркомат внешней торговли СССР отпустил средства в сумме

5000 марок на восстановление технологии, технологической документации, измерительных приборов на изготовление 10 000 штук гидродинамических замыкателей. Заводу вместе с выделенными средствами был направлен наряд-казак на выполнение работ [3].

Вместе с тем в соответствии с решением Ялтинской и Потсдамской конференций осуществлялась демилитаризация промышленности Германии, на предприятиях которой надлежало демонтировать оборудование, в том числе и на заводе «HASAG», о чем представитель МТУ ВМФ СССР в Лейпциге инженер-майор Лежава докладывал начальнику Военно-морского отдела (ВМО) СВАГ контр-адмиралу В. Н. Мельникову. В свою очередь 10.12.1945 г. контр-адмирал В. Н. Мельников обратился к уполномоченному Особого комитета СНК СССР в Германии генерал-майору Жукову с просьбой об отсрочке демонтажа оборудования цеха и лаборатории, производящего гидродинамические замыкатели до 01.04.1946 г., т. е., до завершения выполнения заказа, с целью восстановления производства и перевоза его в СССР [3]. Обосновывая свою просьбу, В. Н. Мельников сообщал, что в противном случае наладить производство необходимых флоту мин давления будет невозможно [3].

Судя по всему, ходатайство начальника ВМО контр-адмирала В. Н. Мельникова о переносе сроков демонтажа оборудования цеха и лаборатории было удовлетворено. Дело в том, что, во-первых, заводу «HASAG» деньги на выполнение заказа уже были перечислены, а финансовая служба СВАГ очень четко отслеживала расход денежных средств. Во-вторых, дальнейшая переписка по данному вопросу отсутствует. В-третьих, в составе МТО КБ ВМС в Берлине активно и плодотворно функционировала группа немецких специалистов, занимающихся замыкателями мин давления под руководством дипломат-инженера Майера [4].

Помимо вышеупомянутого, в МТО бюро работали еще четыре группы немецких специалистов, а именно:

- группа гидродинамики торпед под руководством профессора Кухарского;
- группа акустического самонаведения торпеды на цель под руководством диплом-инженера Гильдебрандта;
- группа акустических замыкателей мин под руководством диплом-инженера Р. Колля;
- группа неконтактных металлоискателей под руководством диплом-инженера Мишке [4].

Доводя эту информацию до начальника НИМТИ контр-адмирала М. Н. Курнакова, 30.01.1946 г. начальник МТО КБ ВМС в Берлине инженер-капитан 1 ранга И. А. Скворцов сообщал, что все работы, выполненные немецкими специалистами, вряд ли удастся перевести на русский язык ввиду отсутствия квалифицированных переводчиков, таким образом, эти наработки будут высланы на немецком языке. Вместе с тем в докладе отмечалось: «Немецкие специалисты подобраны в основном ценные, но работать с ними очень трудно из-за незнания языка. Специалисты не всегда излагают все сведения по первому нашему требованию и особенно по тем вопросам, которые нам пока еще неизвестны» [4]. Нужно было срочно решать проблему с квалифицированными переводчиками и специалистами в области минно-торпедного вооружения. Вопрос решился – были откомандированы в КБ ВМС необходимые должностные лица.

А помимо плановых работ в срочном порядке приходилось решать и внеплановые, так, 28.02.1946 г. начальник 5-го отделения Военного отдела СВАГ полковник Сидорович направил начальнику КБ ВМС в Берлине инженер-капитану 1 ранга Л. А. Коршунову предложенные для ознакомления немецкими изобретателями следующие материалы: «Реактивная торпеда» Деблونا Вернера и «Вращающаяся торпеда» Освальда Шмидта [5].

Вместе с тем специалисты МТО бюро, как и представители МТУ ВМФ, решали не только научно-исследовательские, но и практические вопросы. Огромную опасность в послевоенном судовождении представляла минная угроза, в связи с чем необходимо было экстренно решать вопрос с тралением германских мин. На Потсдамской конференции соглашением руководителей трех союзных держав было определено немедленно сообщать всю имеющуюся информацию, необходимую для быстрого окончания тральных операций [6].

О том, как на практике реализовывалось принятое на Потсдамской конференции решение, красноречиво свидетельствует поездка в западную оккупационную зону группы советских

военно-морских специалистов во главе с начальником 2 отдела МТУ ВМФ капитаном 1 ранга Костыговым, которая состоялась с 17–18 февраля 1946 г.

Прибыв 17 февраля 1946 г. в г. Киль, руководитель группы встретился со старшим морским начальником английской зоны оккупации кэптенем Робинсоном, которому изложил цель своего прибытия, а именно ознакомление с некоторыми вопросами по тралению немецких неконтактных мин. В число этих вопросов входило знакомство с характеристиками магнитных и акустических полей корабля, нормами размагничивания кораблей по опыту германского флота; системами неконтактных взрывателей немецких мин; с тралями для траления немецких неконтактных и способами их траления; а также с некоторыми сведениями немецких акустических торпед [7].

А что же «союзники»? Первое, что почувствовали советские военно-морские специалисты, так это крайне неприязненное отношение со стороны всех должностных лиц. На все вопросы они либо отвечали уклончиво, либо говорили, что им абсолютно ничего неизвестно. Отказались они и предоставить немецкие издания и инструкции по использованию немецкого трального вооружения, а также в съемке копий этих документов. Не позволили побеседовать с немецкими специалистами, осуществляющими тральные работы, всячески затрудняли работу советских специалистов, вели откровенную слежку за ними. Но самым вопиющим фактом стал незаконный арест члена группы Р. Колля (руководителя группы акустических замыкателей мин МТО КБ ВМС), который был включен в состав группы советских специалистов МТУ ВМФ в качестве шофера с целью установления связи со своими знакомыми немецкими специалистами, проживающими в западной зоне оккупации [8].

Об этом капитан 1 ранга Костыгов 5 марта 1946 г. докладывал начальнику ВМО СВАГ вице-адмиралу Ф. С. Седельникову (сменившему на этой должности контр-адмирала В. Н. Мельникова). В конце своего донесения руководитель группы просил опротестовать арест Р. Колля и добиться его освобождения, довести до сведения руководства СВАГ о нежелании английских военно-морских властей в г. Киль сообщить сведения и поделиться захваченными ими материалами о немецких неконтактных минах и способах их траления, которые не могут быть секретными по существующему трехстороннему соглашению стран-союзниц [9].

Благодаря протесту руководства СВАГ Р. Колль был освобожден, однако интересующей информации советские специалисты так и не получили.

Основным видом деятельности МТО КБ ВМС в Берлине было выяв-

ление новинок военно-морской техники и вооружения германского флота, в том числе инголиновых торпед. Именно им был посвящен обстоятельный доклад инженер-капитана 1 ранга И. А. Скворцова начальнику МТУ ВМФ контр-адмиралу Н. И. Шибаеву от 12.06.1946 г. В докладе отмечалось, что идея создания бесследной торпеды с большой дальностью и скоростью хода возникла в конце Первой мировой войны в немецком флоте. Первые опыты начались в 1917 г., которые проводились секретно и с окончанием войны эти работы прекратились [10].

Вторая попытка создать бесследную торпеду с большой дальностью и скоростью хода относится к периоду подготовки ко Второй мировой войне (1933 г.). По заданию Верховного морского командования Германии в 1936 г. выполнение этих работ было поручено владельцу фирмы в Киле Р. Вальтеру. Этой фирме на торпедно-пристрелочной станции германского флота в Эккернфюрде было отведено здание для размещения конструкторского бюро. Созданному бюро удалось отработать новый термодинамический процесс с применением в качестве топлива декалина, окислителя игналина и хельман-катализатора. Применение новых рабочих компонентов в термодинамическом процессе давало возможность значительно увеличить дальность и скорость хода торпеды, причем сам ход становился бесследным [10].

Образование парогазовой смеси происходило в камере сгорания, куда под давлением воздуха в 42 атм. подавались декалин, вода и хельман, где они распылялись при помощи форсунки. Кроме того, вода поступала по второму пути в зарубашечное пространство камеры сгорания для ее охлаждения и оттуда поступала в камеру сгорания с противоположной стороны навстречу декалину и хельману, где также распылялась при помощи форсунки. Инголин во избежание взрыва подавался через 0,5–1 с, после подачи первых компонентов по пути воды так, что он вначале поступал в малой концентрации, отчего двигатель первые обороты делал плавно. При соединении инголина с хельманом происходит распад инголина на воду и кислород. Выделяющееся тепло создает достаточную температуру для воспламенения декалина, и процесс горения идет уже без участия хельмана. Выделяющийся кислород расходуется на сжигание топлива, а вода – на парообразование.

Температура в камере сгорания достигает 700–800°C. Образовавшаяся парогазовая смесь под давлением в 37–38 атм. поступает в распределительное устройство для работы двигателя. Выхлопные газы – продукты сгорания, выталкиваемые в воду под давлением 1–2 атм., содержащие CO₂, смешиваясь

с морской водой, образуют углекислоту, которая растворяется в воде. Поэтому торпеда не оставляет следа.

Тактико-технические характеристики инголиновой торпеды были следующими: калибр – 450 мм; длина – 5100 мм; вес – 900 кг; вес взрывчатого вещества в боевом зарядном отделении – 200 кг.

Двигатели торпеды были двух типов: поршневой и турбинный.

Проведенные испытания торпеды с поршневым двигателем показали следующие характеристики: дальность хода – 16000 м; скорость – 40 уз; с турбинным двигателем дальность хода – 24000 м; скорость хода – 48 уз [11].

После окончания войны английские оккупационные власти вывезли в Великобританию восемь руководящих немецких научных работников, участвовавших в разработке данного проекта, с целью развития и реализации своих идей в интересах Британского флота. Возглавлял эту группу доктор Вальтер – мировой авторитет в области проектирования и создания торпед и создания синтетического горючего. В состав группы входили инженеры Шиккерт, Бадлаутенберг, доктор Рининг и др. Крупнейшими изобретениями доктора Вальтера были: бесследная торпеда; торпеда, управляемая по радио и по кабелю. Это были блестящие ученые германского флота. Оборудование, с помощью которого они разрабатывали свои новинки, было также превосходным [12].

В августе 1946 г. на работу в МТО КБ ВМС в Берлине был принят первый помощник доктора Вальтера дипломированный инженер К. Лавичек. В группу немецких специалистов, отправленных в Великобританию, он не

попал, так как занимался только инголиновым двигателем, а работать в аналогичных структурах западной зоны на англичан не захотел, поскольку, по его словам, получал всего 800 марок, без продпайка, социального пакета и не имел никаких привилегий [13]. В КБ ВМС ему была предоставлена квартира, перевезена из западной зоны его семья. Оклад составлял 1000 марок в месяц, предоставлялись паек, социальные гарантии и другие привилегии.

3 августа 1946 г. в ходе переговоров с К. Лавичеком было выяснено, что первая торпеда, которая была отработана на инголине, называлась «Кольб» («Поршневая»). Она была заменена турбинной «Штейнбут» («Каменная камбала») и «Штейнборш» («Каменный окунь»). Накануне капитуляции Германии была готова к применению торпеда «Кабот» для малой подводной лодки (с двумя членами экипажа): две такие торпеды крепились под подводной лодкой, при стрельбе их проектная дальность хода составляла 2000 м; дальность хода на испытаниях – 4000 м; скорость хода – 45 уз.

Данными торпедами планировалось вооружать и подводные лодки Вальтера [13].

К. Лавичек сообщил, что английская и американская разведки знали об инголиновой торпедке, знали и где искать материалы о них, а русские об этой торпедке сведений не имели [13].

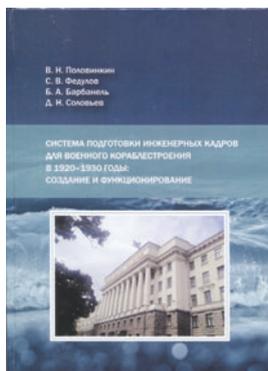
Далее в ходе переговоров К. Лавичек перечислил специалистов по инголиновым торпедам и фирмы занятые их производством, дал характеристики 10 немецким специалистам, которые не откажутся работать в КБ ВМС в Берлине, и все сведения о них [14].

В ходе переговоров был выяснен перечень организаций и предприятий, тем или иным образом связанных с созданием и производством инголиновых торпед. Список получился довольно впечатляющим. В него, помимо германских морских организаций, институтов, высших школ, фирм, заводов входили фирмы Чехословакии и Польши [14].

Необходимых немецких специалистов удалось привлечь для изучения особенностей данного вида оружия, а наиболее ценных из них перевезти для работы в Советский Союз и включить в состав СКБ-3. Помимо этого, в 1945–1946 гг. в НИИ-400 НКСП поступило из Германии по репарациям более 100 вагонов с лабораторным оборудованием и станками. Так был укомплектован мощный институт, прямой наследник ОСТЕХБЮРО, для создания подводного морского оружия [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 905, Оп. 4264. Д. 15. Л. 3.
2. Там же. Л. 3–4.
3. Там же. Л. 1.
4. Там же. Л. 9.
5. Там же. Л. 25.
6. Там же. Л. 32.
7. Там же. Л. 26.
8. Там же. Л. 26–32.
9. Там же. Л. 32.
10. Там же. Л. 64.
11. Там же. Л. 65–76.
12. Там же. Л. 75–76.
13. Там же. Л. 134–139.
14. Там же. Л. 142–158.
15. Прошкин С. Г. Торпедное оружие подводных лодок: Роль российской науки в создании отечественного подводного флота. – М., 2008, с. 535. ■



ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ВОЕННОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ - ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАДАЧА

В.Н. Половинкин, С.В. Федулов, Б.А. Барбанель, Д.Н. Соловьев. Система подготовки инженерных кадров для военного кораблестроения в 1920–1930 годы: создание и функционирование. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. – 143 с.

В монографии раскрыта проблема формирования системы подготовки инженерных кадров для военного кораблестроения. Гражданская война и интервенция нанесли колоссальный урон военно-морскому флоту и отечественному кораблестроению.

Для восстановления и развития промышленности, в том числе кораблестроительной, воссоздания флота требовались преданные государственному строю инженерные кадры. Важ-

ной особенностью было то, что будущие инженеры флота и кораблестроения не имели необходимой базовой подготовки, а обучать их должны были педагоги дореволюционной школы. Их отношения складывались непросто. Благодаря деятельности руководства Советского Союза эти проблемы были решены.

В материалах исследования показаны особенности формирования продуманной, прагматичной, многоуровневой системы подготовки ин-

женерных кадров. При этом ведущая, ключевая и координирующая роль отводилась Военно-морской академии.

Приведен богатый фактический материал, который позволил провести глубокий анализ рассматриваемой проблемы. Монография будет интересна не только специалистам для их научной и педагогической деятельности, но и широкому кругу читателей, интересующихся историей отечественного кораблестроения. ■

10 октября 2019 г. исполняется 75 лет со дня рождения одного из наиболее заслуженных российских корабелов – Владимира Леонидовича Александрова, Героя РФ, Почетного гражданина Санкт-Петербурга, доктора технических наук, профессора. Российскую известность и глубокое уважение Владимир Леонидович приобрел в первую очередь, как успешный руководитель судостроительного завода «Адмиралтейские верфи», на котором бесценно проработал 44 года, в том числе 27 лет в должности генерального директора.

В.Л. Александров не менее известен и как ученый, который заслужил степень доктора технических наук благодаря своему вкладу в технологическую и организационно-производственную судостроительную науку. Важнейшая на сегодняшний день составляющая деятельности Владимира Леонидовича – преподавательская, с февраля 2011 г. он – профессор кафедры технологии судостроения СПбГМТУ.

Владимир Леонидович был избран президентом Российского научно-технического общества имени академика А.Н. Крылова в 2001 г. В этом же году его избирают президентом Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. С 2018 г. он – Почетный президент этих Обществ.

По мнению его наставника академика РАН И.Д. Спаского, в основе успеха В.Л. Александрова лежат его человеческие качества. Этот спокойный и выдержанный человек с большой серьезностью относился и относится как к производственным, так и к непроизводственным задачам. Он всегда нацелен на то, чтобы наилучшим образом решить любой возникающий вопрос. Владимира Леонидовича отличает патриотизм в широком смысле этого слова. Это проявляется в его отношении к его профессии, которую он выбрал однажды и навсегда; к людям, которые окружают его по жизни; к родному предприятию, Санкт-Петербургу, Родине.

Накануне юбилея мы встретились с Владимиром Леонидовичем в Центре технологии судостроения и судоремонта, который возглавляет его сын Михаил Владимирович, где и состоялась наша беседа.

В сложные годы перестройки «Адмиралтейские верфи» отработали на уровне высшего пилотажа, прежде всего в сфере экономики. Как Вам это удалось? Какие качества Вы как директор должны были проявить, чтобы в период шторма российской экономики и политики вести свой корабль правильным курсом?

Во-первых, я, как директор, прошел все ступени роста и знал, чем занимается завод. Участвую в строительстве всего корабля, развиваешь в себе системное понимание предмета. Жизнь заставляет быть и строителем, и организатором, и экономистом. Во-вторых, в эти сложные годы следовало понять, что нужно стране. У нас появились новая танкерная программа и лодочные экспериментальные заказы. В-третьих, нужно было сохранить завод: его коллектив, дело, марку. Также сохранить костяк специалистов и руководителей и сформулировать комплексную программу загрузки предприятия. В-четвертых, показать финансовой структуре страны уверенность в успешности верфей, и мы в этом смысле стали своеобразным эталоном. В-пятых, мобилизовать весь коллектив завода на безусловное своевременное и качественное выполнение заказов. Так, на первом танкере «Лукойла» мы работали по 15–16 часов в сутки, чтобы третий и четвертый танкер уходили в срок на ходовые испытания. При этом необходимо руководствоваться простыми принципами:

К 75-ЛЕТИЮ В.Л. АЛЕКСАНДРОВА

Интервью провел Б. В. Григорьев, капитан 1 ранга, проф. ВУНЦ ВМФ ВМА, контакт. тел. +7 (921) 6439245



- никогда не обманывать людей, быть с ними предельно честным и откровенным;
- умело сочетать порой жесткую требовательность с уважительным отношением к людям, заботой о них независимо от их служебного положения;
- решать поставленные задачи только с благородным подходом к делу, не опускаться до незаконных поступков. Я лично знал на заводе всех руководителей среднего звена, многих рабочих на участках.

По словам директора Департамента судостроения М.В. Струзова, за двадцать лет его встреч с промышленниками только один доклад был толковым, это Ваш. В чем изюминка таких докладов, позволяющих, как правило, достичь желаемого результата?

За короткое время докладываешь все о технологическом, организационном и, безусловно, кадровом состоянии предприятия. Если говоришь четко и точно, то есть уверенность, что последует и грамотное организационное решение в пользу дела. Конечно, при условии, что докладчик и министр оба хорошо разбираются в зонах своей ответственности.

Мой предшественник А. В. Иванов оставил мне памятку с перечнем 21-й инстанции, начиная с ближайшей районной партийной, далее городской, министерской и т. д. и последней, президентской. В течение всего срока моего руководства заводом мне пришлось в зависимости от ситуации проходить все инстанции. Например, в 1981 г., благодаря отделу оборонной промышленности Ленинградского обкома КПСС во главе с Г. В. Романовым, после обращения в Министерство судостроения был издан приказ о комплек-

сней модернизации и перевооружении «Адмиралтейских верфей», что позволило нам решительно укрепить свой судостроительный потенциал.

Что сегодня входит в зону Вашей ответственности?

Я думаю, зона моей ответственности не сузилась. Просто по-новому расставлены приоритеты. Так же болит душа за родные верфи, за судостроение, за город и за страну. Правда, завод теперь воспринимается не по частям: подводные лодки, танкеры и т. д., а в целом. Особое место в зоне ответственности занимает молодежь, за которой будущее судостроения. Именно ей, как когда-то мне, необходимо внушить и привить любовь к профессии, развить творческий интерес при решении задач. Современным руководителям, в том числе собственному сыну, трудно что-либо советовать, это уже сложившиеся, со своей линией жизни управленцы. Они в лучшем случае выслушают вас, но поступят по-своему. А молодые студенты – это в хорошем смысле податливый материал, из которого, используя свой богатый опыт, можно «лепить» корабеля.

Не ослабевает мое внимание к работе НТО судостроителей имени академика А. Н. Крылова, которым я руководил с 2001 по 2016 г., и к Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Работа в этих и других организациях позволяет не только знать состояние дел в науке, образовании, проектировании и строительстве кораблей и судов, но и по возможности влиять на принятие важных решений.

Как Почетному гражданину Санкт-Петербурга мне не чужда судьба и родного города. Вместе с академиком И. Д. Спасским мы занимаемся научно-просветительской деятельностью путем организации встреч с молодежью, фестивалей, шефства в военно-морском флоте.

Известно, что каждый солдат мечтает стать генералом, а студент директором. Так что же нужно, чтобы стать настоящим директором (сегодня директорами становятся порой дети олигархов, министров и т.п.)?

Директорами не рождаются, ими становятся. Мой опыт говорит, что для этого нужно иметь особые личные качества или развить их в себе: организаторские способности; любовь к профессии; волю и терпение; ответственность за порученное дело; творческое отношение к делу; не бояться принимать решения в пользу будущего; не бояться брать ответственность на себя и другие важные качества.

Следует сказать, что человечность и управление достаточно большим коллективом трудносовместимы. С одной стороны, успешное выполнение любых задач зависит от общения с руководством, заказчиком и в то же время от взаимоотношений с рабочим коллективом, которые не всегда идеальны. Но если руководитель не злопамятен, оценивает человека по делу, если ему не претит взять на себя заботы о других, в том числе людей не очень приятных, то такой человек может стать директором.

Что касается времени становления директора, то краткосрочных курсов для маршалов не бывает. Необходимо по окончании вуза пройти десятилетнюю практику в цеху завода, на стапеле и т. д., от мастера, старшего мастера, заместителя начальника цеха, начальника цеха. Далее проработать лет пять в должности главного технического специалиста и, наконец, пять лет в должности заместителя директора завода. Итого двадцать лет повседневной, энергичной, творческой работы. Главным условием успеха считаю увлеченность делом.

Часто бывает, что дипломная работа становится толчком для дальнейшего становления специалиста-инженера. Как Вы писали и защищали свой диплом?

Опять же на собственном опыте скажу, что дипломный проект – важная ступень профессионального становления. Еще на четвертом курсе я вошел в группу подводников, где нам ведущие преподаватели Корабелки, специалисты КБ «Рубин», «Малахит» и других организаций давали материалы по современным подводным лодкам. Я готовил дипломный проект в ЦКБ МТ «Рубин» под руководством будущего генерального конструктора неатомных подводных лодок Ю. Н. Кормилицына. Работали напряженно, с энтузиазмом до позднего вечера. Особенность дипломного проекта состоит в том, что ты проектируешь корабль с учетом задач, которые он должен решать по применению оружия (ракет, торпед), учитывая все стадии его боевого использования – выход из базы, переход в район, развертывание в районе, возвращение в базу.

На защите дипломного проекта присутствовала представительная комиссия, которая высоко оценила проект. Благодаря выполненной работе я приобрел навык проектирования корабля, научился работать с литературой, познакомился с проектами отдельных систем и устройств, почувствовал уверенность в себе при решении сложных технических задач. Дипломная работа – это первый научный и методический труд. Под руководством опытных наставников я научился технически грамотно вести расчеты, анализировать их и делать практические выводы.

Добавлю еще, что для становления специалиста-корабеля важна производственная практика, которую мы получали на заводе, начиная с 1-го курса. Она носила не только политехнический характер, но и позволяла узнавать психологию рабочих в бригаде. Будущему руководителю крайне важно научиться разбираться в людях. Думаю, будет уместно вспомнить наших профессоров, ученых с «большой буквы». Так, «теорию корабля» читал С. Н. Благовещенский, «конструкцию корпуса» – Н. В. Путов, «строительную механику» – А. А. Курдюмов, «технологии судостроения» – В. К. Дормидонтов, можно назвать еще многих других. Во главе нашей уникальной кораблестроительной высшей школы стоял выдающийся человек и ученый ректор Дмитрий Михайлович Ростовцев.

Какую роль в Вашей жизни играет спорт?

Очень важную. Я начал заниматься академической греблей с 15 лет в спортивном клубе «Красное знамя». Греб в «восьмерке», которая была лучшей в клубе. Это требовало высочайшей дисциплины, требовательности к себе и полной самоотдачи. Нельзя было в более худшей форме, чем остальные, наоборот, нужно «подтянуть» товарища. Все мои партнеры по «восьмерке» один за другим оказывались в Корабелке, куда поступил и я. Все студенческие годы мы продолжали заниматься спортом, и удалось достичь весьма приличных результатов. Но выбирая профессию, пришел все же на «Судомех», который вскоре влился в ЛАО, где начал строить очень интересные подводные лодки.

Таким образом, спорт решил мою судьбу, развил навыки коллективизма, укрепил волю к победе, привил здоровый образ жизни, чего желаю и современным молодым людям. Не случаен тот факт, что очень многие из наших директоров, таких как академик И. Д. Спасский, А. В. Шляхтенко, были в юности отличными спортсменами.

Кто из руководителей Минсудпрома, КБ НИИ, партийного руководства и ВМФ оставили достойный след в деятельности «Адмиралтейских верфей»?

Я бы особо выделил Игоря Сергеевича Белоусова – министра судостроительной промышленности в 1981–1988 годах, который, будучи главным инженером Адмиралтейского завода (1967–1969 гг.), знал все наши проблемы и в течение всей своей руководящей деятельности помогал нам; Бориса Евстафьевича Бутому – министра судостроения в

1965–1976 годах, с которым связана целая эпоха военного кораблестроения; Леонида Николаевича Резунова – заместителя министра судостроительной промышленности; Павла Александровича Черновехского – начальника первого главка Минсудпрома и многих других руководителей.

Среди военных представителей (заказчиков) я выразил бы искреннюю благодарность за эффективную совместную работу Г. А. Небесову, А. В. Смирнову.

Из командования ВМФ с удовольствием вспоминаю совместную работу с адмиралами, главнокомандующими ВМФ С. Г. Горшковым, В. И. Куроедовым; заместителями главкомов ВМФ по кораблестроению М. К. Барсковым, А. Ф. Шлемовым; начальниками Главного управления кораблестроения Р. Д. Филановичем, В. А. Полянским; командирами Ленинградской военно-морской базы А. П. Михайловским, замечательные книги которого были напечатаны при содействии «Адмиралтейских верфей», В. А. Самойловым, В. Е. Селивановым, В. В. Гришановым, А. В. Корниловым.

Я, наконец, искренне благодарен своим старшим наставникам, коллегам академиком И. Д. Спасскому и С. Н. Ковалеву.

Какое место в вашей жизни занимает религия?

Я православный человек. Был крещен в раннем детстве в 1945 г. в деревне Сусанино Ленинградской области, моей тетей по линии отца. С ней ходил на церковные праздники. В сентябре 1996 г. на тезоименитстве настоятеля Николо-Богоявленского Морского собора протоиерея отца Богдана присутствовали гости всех вероисповеданий и мастей, в том числе и коммунисты. Меня спросили: «Как вы относитесь к религии?» Я ответил: «Осторожно и бережно иду

к вере». Митрополит Санкт-Петербургский и Ладожский Владимир заметил: «И правильно идешь к вере!»

Расскажите о своих родителях, своей семье.

Родители мои – Леонид Александрович и Прасковья Андреевна – из крестьян. Отец переехал из Псковщины в поселок Сусанино Ленинградской области, затем в Ленинград, где встретил мою маму. Жили на Петроградской стороне, где родился я, а 30 декабря 1949 года родился мой брат Виктор. В 1970 г. я женился. У нас с супругой Людмилой двое детей – Ольга и Михаил, которые стали инженерами и обрели крепкие семьи, подарили нам четверых внуков и одного правнука. У сына Михаила хорошо сложился жизненный путь, по которому он достойно прошел все ступени роста инженера-кораблестроителя, чтобы стать исполняющим обязанности генерального директора «Адмиралтейских верфей», а далее генеральным директором Центра технологии судостроения и судоремонта.

Семья – действительно моя опора. Большими праздниками считаю наши общие семейные сборы. Я счастливый человек.

Спасибо, Владимир Леонидович! Примите от руководства ВМПИ, офицеров, профессоров и преподавателей института, которые хорошо знают Вас по добрым делам для ВМФ, наилучшие пожелания ко дню Вашего 75-летия.

Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают Владимиру Леонидовичу доброго здоровья, благополучия и успехов в воспитании нового поколения корабелов. ■

Пленум Центрального правления НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, прошедший в Санкт-Петербурге, в АО «Концерн «НПО «Аврора», 30.05.2019 г., подвел итоги деятельности НТО за три года в период с 2016 по 2019 г.

На Пленуме были заслушаны следующие доклады:

- президента АО «ОСК» А. Л. Рахманова «Об усилении взаимодействия предприятий АО «ОСК» с научно-исследовательскими и проектными организациями отрасли»;
- научного руководителя ФГУП «Крыловский ГНЦ» Л. В. Филиппова «О направлениях инновационного развития судостроения. Мировые тренды и перспективные научные проекты»;
- генерального директора НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» им. И. В. Горынина А. С. Орыщенко «Новые материалы для Арктики в судостроении»;
- генерального директора АО «Балтийский завод» А. В. Кадилова «Современные технологии при создании атомного ледокольного флота России»;

ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПЛЕНУМА НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А. Н. КРЫЛОВА

*РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова,
контакт. тел. 3155027*

- генерального директора АО «Концерн «НПО «Аврора» К. Ю. Шилова «Интегрированные автоматизированные системы управления судами»;
 - ректора Санкт-Петербургского морского технического университета Г. А. Туричина «Совершенствование подготовки и переподготовки кадров в судостроении».
- Все темы научно-технических докладов, направленных на инновационное развитие отрасли, вошли в рекомендации Минпромторга РФ, АО «ОСК», а также в протоколы заседаний Совета Безопасности и Постановления Правительства РФ.

На Пленуме были заслушаны следующие выступления руководителей НТО судостроителей:

- вице-президента Г. Н. Муру «Региональная политика НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова»;
- вице-президента Б. А. Барбанеля «Молодежная политика НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. О конкурсе «Молодой кораблестроитель-инженер года»;
- вице-президента К. В. Рождественского «О подготовке к международной конференции «РАAMES–2020» в Санкт-Петербурге 27–30 сентября 2020 г.».

Затем Пленум перешел к организационным вопросам:

Президент НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова В. С. Никитин огласил фамилии кандидатов в Президиум Центрального правления НТО судостроителей и новых коллективных

членов НТО для утверждения решением Пленума. Кроме того, В. С. Никитин рассмотрел перспективы Научно-технического общества на дальнейший период с учетом сохранения офиса НТО на Невском пр. 44; улучшения региональной политики НТО, сдвигов в вопросах инноваций и др.

Заслушав и обсудив доклады участников заседания, Пленум постановляет:

1. Признать работу Центрального правления и аппарата НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова удовлетворительной.

2. Центральному правлению НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова:

- в своей работе по составлению ежегодных тематических планов учитывать предложения и рекомендации руководителей организаций и предприятий судостроительной отрасли, прозвучавшие на Пленуме;
- считать основной задачей научного направления деятельности Центрального правления и всех региональных правлений НТО модернизацию и инновационное развитие судостроительной отрасли;
- научно-технические секции Центрального правления НТО при составлении планов семинаров и «круглых столов» должны руководствоваться материалами Пленума НТО, определяющего модернизацию, инновационное развитие и перспективные технологии строительства судов и кораблей, включая арктическое судостроение и роботизацию отрасли.

3. Центральному правлению НТО судостроителей издать доклады сегодняшнего Пленума НТО в судостроительных журналах «Морской вестник» и «Судостроение».

4. По организационным вопросам НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова:

- утвердить решение Президиума о включении в состав Президиума доктора технических наук, профессора В. Н. Половинкина;
- утвердить прием в коллективные члены Общероссийской общественной организации «Российское НТО судостроителей им. акад.

А. Н. Крылова» Федерального государственного автономного научного учреждения «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК). Создать на базе ЦНИИ РТК подсекцию «Роботизированные системы для поиска и спасания» с руководителем П. К. Шубиным, входящую в научно-техническую секцию «Поисково-спасательная техника и технологии» (руководитель В. Н. Илюхин);

- утвердить решение Президиума по увеличению состава научно-технических секций НТО до 28, включая следующие две секции:

27. «Современные технологии проектирования, изготовления и монтажа электротехнического оборудования на новых и ремонтируемых кораблях и судах» (руководитель В. С. Татарский);

28. «Междисциплинарные технологии судовой энергетики» (руководитель Ю. Н. Мясников);

- восстановить секцию «Управление судами и кораблями». Утвердить ее руководителем доктора технических наук, профессора К. Ю. Шилова.

5. В сентябре 2020 г. провести в Санкт-Петербурге Международную конференцию «РАAMES – 2020». Центральному правлению обеспечить место проведения и провести все организационные мероприятия по подготовке конференции.

6. Создать сайт НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова с окончанием в IV квартале 2019 г.

7. Центральному правлению НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова поддержать работу комитетов НТО, в том числе:

- комитета по молодежной политике и связям со СМИ: продолжить работу по проведению конкурсов молодых специалистов судостроительных предприятий; привлекать молодых специалистов в участии конкурсов Союза НИО «Надежда России» и «Инженеры года»; популяризировать работу комитета в судостроитель-

ных журналах и трудах молодых специалистов;

- комитета по поиску и одобрению инновационных проектов: направлять письма руководителям предприятий о включении в план работы секций НТС рассмотрение инновационных проектов; результаты рассмотрения проектов на предприятии направить в РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова для выработки конкретных решений о дальнейшей реализации предложений;
- комитета регионального развития: участвовать в работе по импортозамещению комплектующего судового оборудования по всем регионам России.

Центральному правлению НТО рекомендовано сотрудничать с региональными отделениями по наукоемким проблемам судостроения с учетом сайта НТО судостроителей.

8. Судостроительным предприятиям поддержать офис НТО судостроителей на Невском пр., 44 (аренда 300 кв.м, тепло, электричество, вода, лифт, уборка, охрана и хозяйственные принадлежности), аудиторий в нормальном состоянии для проведения бесплатных заседаний, «круглых столов», семинаров, собраний секций, президиумов, конкурсов. В настоящее время по договору с НТО (работа по ежегодному тематическому плану НТО и конкурса молодых специалистов с выплатой премий), членский взнос составляет 95 000 рублей с предприятия – коллективного члена. Утвердить назначенную сумму до 31 декабря 2019 г.

Президиуму НТО определить сумму членского взноса на 2020 г.

9. Просить руководство АО «ОСК» дать указание своим подведомственным предприятиям подписать договор на сумму 95000 рублей с РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова об оказании услуг при подготовке и проведении мероприятий в рамках тематического плана на 2019 г., с учетом организации и проведения Всероссийского конкурса «Молодой кораблестроитель-инженер года 2019». ■

Широкомасштабное освоение арктического континентального шельфа Российской Федерации определяет развитие науки и технологий на ближайшие десятилетия. Существует потребность в строительстве новой современной техники – ледоколов, танкеров, нефтегазодобывающих платформ

(рис. 1). При этом обеспечение экологической безопасности Арктики и ее шельфа тесно связано с высокой эксплуатационной надежностью морских крупномасштабных сварных конструкций при крайне тяжелых условиях эксплуатации, таких как рабочие температуры до минус 55 – минус 60 °С; высокая цикличность ветроволновых и ледовых нагрузок; воздействие ледовых полей и, как следствие, длительное коррозионное воздействие и коррозионно-эрозионный износ; низкая ремонтодоступность из-за удаленности развитой инфраструктуры; чрезвычайно тяжелые экологические последствия разрушений.



Рис. 1. Нефтедобывающая платформа

Проблемами создания хладостойких материалов для судостроения НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» начал заниматься еще с 50-х гг. прошлого века, и в настоящее время можно констатировать, что практически все арктические конструкции изготовлены из материалов нашего института. На этом пути в начале 2000-х гг. фактически были разработаны новые научные принципы и технологические методы создания низколегированных сталей, отвечающих условиям применения в конструкциях с неограниченной по температуре областью использования в Арктике. Они основаны на учете определяющего вклада границ зерен, субзерен и дисперсных частиц с элементами наноструктур, введении требований к металлургическим процессам производства, обеспечивающим создание однородной по всей толщине проката дисперсной структуры. Это стало возможным также благодаря полному технологическому переоснащению металлургических производств ведущих металлургических заводов (ПАО «Северсталь», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»), что позволило осуществлять заданные режимы прецизионной термомеханической обработки проката.

В настоящее время разработаны промышленные технологии производства хладостойких сталей в широком диапазоне их прочности, осуществлены поставки металла для строительства крупнейших объектов морской техники. Следует отметить, что этот металл был использован и для строительства двух комплектов колонн платформ «MOSSMARITIME» на ПО «Севмаш» по заказу Норвегии, что указывает не только

*Доклад на Пленуме НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, 30 мая 2019 г., Санкт-Петербург

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АРКТИКИ*

А.С. Орыщенко, д-р техн. наук, ген. директор НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»,
контакт. тел. (812) 335 5852

на его высокое качество, но и на высокую конкурентоспособность отечественной стали на мировом рынке.

Разработанные первоначально для судостроительных сталей принципы обеспечения качества позволили предложить также промышленные технологии изготовления сталей для магистральных трубопроводов высоких параметров. По критерию максимальной протяженности разрушения труба, изготовленная Ижорским трубным заводом (ИТЗ) по технологии института, оказалась наилучшей. Разработанная сталь была применена при строительстве газопровода Бованенково–Ухта с экстремальными условиями эксплуатации.

В настоящее время институт завершает разработку сталей класса Arc, которые будут востребованы при реализации масштабных проектов судостроения. Стали наиболее высокой прочности и повышенной коррозионной стойкости могут быть использованы и при создании подводных средств освоения шельфа (подводные станции, глубоководные аппараты и др.).

Следующее направление работ института – разработка материалов для атомной энергетики, в том числе радиационно-стойких сталей для корпусов реакторов транспортных АЭУ (рис. 2). За более чем полвека этими материалами было обеспечено строительство всех атомных ледоколов России. К настоящему моменту завершены работы по серийному производству крупногабаритных заготовок реакторов РИТМ-200 для ледоколов «Сибирь», «Урал», «Арктика», начаты работы по созданию усовершенствованной реакторной установки РИТМ-400 для атомного ледокола «Лидер» для круглогодичной проводки судов по Северному морскому пути.



Рис. 2. Атомный ледокол «Арктика» с реакторными установками РИТМ-200

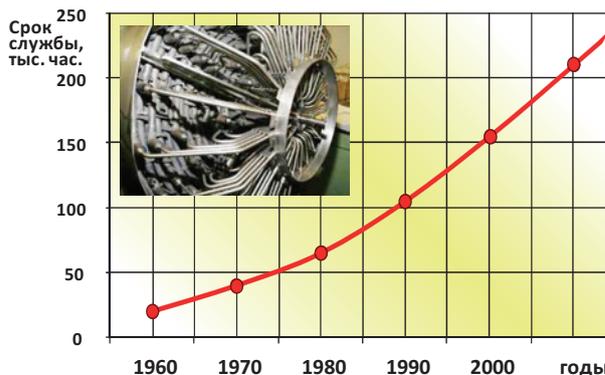


Рис. 3. Увеличение ресурса титановых парогенераторов



Рис. 4. Обледенение надстроек судна



Рис. 5. Катодная защита корпуса судна

Безусловно, идеальными материалами для тяжелых условий эксплуатации в Арктике являются титановые сплавы (рис. 3), если бы не их высокая стоимость. Однако они оказываются вне конкуренции благодаря высокой удельной прочности при строительстве глубоководной техники и высокой коррозионной стойкости при высоких температурах, а также при создании энергетического оборудования. Работы, начатые институтом еще в 60-е гг. прошлого века, привели к разработке спектра широко востребованных морских титановых сплавов для корпусов глубоководной техники, судовой энергетики и машиностроения.

Широко применяются неметаллические материалы при использовании арктических конструкций конструкционного и функционального назначения, в первую очередь, как средства защиты от коррозии. Проблемой для арктических конструкций является борьба с их обледенением (рис. 4).

В настоящее время институт работает над созданием высокоэффективных антиобледенительных покрытий, одновременно выполняющих и функцию защиты от коррозии на длительный межремонтный период.

Приоритетная задача здесь – обеспечение эксплуатационной надежности для недокуемых сооружений (например, стационарных платформ) и увеличение срока между докованиями судов ледового плавания. Институтом разработаны практически все применяемые в судостроении средства и системы электрохимической протекторной и катодной защиты (рис. 5); ледостойкие

платино-ниобиевые аноды установлены, в том числе, и на первой стационарной ледостойкой платформе «Приразломная».

Одним из значимых направлений в области создания материалов для глубоководной техники, предназначенной для шельфа Арктики, является разработка технологии создания сферопластиков – легких высокопрочных полимерно-композитных материалов, в структуре которых имеются полые микросферы. В настоящее время институт разрабатывает технологии промышленного производства этих материалов на рабочее давление до 60 МПа при плотности не более 550 кг/м³. Ведутся разработки вибропоглощающих материалов и покрытий, гидроизолирующих противоскользящих палубных покрытий. Сегодня институт проводит единую техническую политику в области создания, совершенствования и внедрения теплоизоляционных, конструкционно-отделочных материалов для судовых переборок и корпусной судовой мебели, отвечающих современным требованиям, в целях полного импортозамещения.

Институтом разработаны и продолжают разрабатываться современные металлические и неметаллические материалы, предназначенные для строительства морских конструкций, эксплуатирующихся в Арктике. Материалы обеспечивают экологическую безопасность в уязвимом арктическом регионе, высокую надежность и требуемый ресурс эксплуатации.

Необходимо их широкое внедрение на основе взвешенных технических решений, сочетающих экономическую целесообразность и импортозамещение. ■



От имени Центрального правления Научно-технического общества судостроителей им. акад. А. Н. Крылова сердечно поздравляю Государственный научный центр РФ НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» с 80-летним юбилеем!

Сегодня ЦНИИ КМ «Прометей» – признанный лидер в области разработки перспективных судовых конструкционных материалов и технологий, крупнейший многопрофильный материаловедческий центр.

80 ЛЕТ НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» - ЦНИИ КМ «ПРОМЕТЕЙ»

В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф., президент НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. (812) 315 5027

Благодаря высокопрофессиональному труду и компетенциям специалистов, научно-инженерным школам мирового уровня вы воплощаете в жизнь инновационные проекты, способствующие созданию современного отечественного флота.

Желаем коллективу ЦНИИ КМ «Прометей» не только сохранить лидирующее положение в кораблестроительной науке, свой авторитет, славное имя и научный потенциал, но и значительно их укрепить и воплотить в жизнь все задуманное! ■

20 июня 2019 г. в АО «ЦТСС» состоялось собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции судостроения Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга. На нем присутствовали директора или заместители директоров 34 предприятий-членов Ассоциации из 49, представитель Правительства Ленинградской области С. Н. Чемарин, председатель территориальной организации профсоюзов С. П. Максименко, председатель Союза ветеранов судостроения Санкт-Петербурга А. И. Затчаев, пресса и ТВ.

Председатель собрания – президент Ассоциации М. В. Александров.

1. О текущем состоянии и перспективах развития судостроительного комплекса Ленинградской области доложили: генеральный директор Выборгского судостроительного завода А. С. Соловьев; зам. генерального директора завода «Пелла» И. Л. Вайсман; начальник технического управления завода «Буревестник» Е. Г. Самусевич; зам. генерального директора Ломоносовского завода судового оборудования Ю. С. Радзевич.

Заслушав доклады и обменявшись мнениями, собрание отметило:

Выборгский судостроительный завод имеет хорошую загрузку, в том числе перспективную, однако сталкивается с серьезным недостатком оборотных средств, вызванным, в том числе, долгами, накопленным до вступления в ОСК.

Подобная ситуация характерна для многих верфей, перешедших в корпорацию от частных владельцев, поэтому для ее решения необходимы целенаправленные действия со стороны органов государственной власти (предпо-

ИТОГИ СОВМЕСТНОГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

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



Выступает И. Л. Вайсман

лагающие более равномерное распределение заказов между предприятиями отрасли).

Завод «Пелла» имеет стабильное и устойчивое финансовое положение, ведет последовательную техническую политику по расширению и совершенствованию производственных мощностей.

Главная трудность в работе завода – несовершенство законодательной базы по ценообразованию на продукцию по госзаказу и расчету прибыли.

На заводе «Буревестник» проводятся работы по модернизации производства согласно разработанной и утвержденной «Единой организационно-технологической концепции развития арматурного производства завода «Буревестник» и КБ «АРМАС».

На Ломоносовском заводе судового оборудования производство судового оборудования осложняется тем, что на разных заводах отрасли оно изготавливается по собственным техническим условиям, а не по ГОСТу, как было ранее.

Представитель Невского судостроительно-судоремонтного завода по при-



Выступает А. С. Соловьев

чине тяжелого финансового положения и неопределенности его дальнейшего статуса на собрании отсутствовал.

2. С докладом «Информационный сервис для формирования отчета исполнения государственного контракта – эффективное расширение возможностей существующей информационной системы предприятия судостроения и судоремонта» выступил генеральный директор АО «Март-Консалтинг» О. В. Зверев.

Информационный сервис «Emart. Раздельный учет» предназначен для формирования «Отчета об исполнении государственного контракта, его применение не требует изменения методологии и технологий учета на предприятии, выполняющем гособоронзаказ. Сервис позволяет полностью автоматизировать формирование отчета исполнения контракта в течение одного календарного месяца.

Формирование отчетов и их выгрузка в ЕИС ГОЗ в требуемом формате происходит в течение нескольких минут без дополнительных трудозатрат.

Разработчик сервиса «Emart. Раздельный учет» – АО «Март-Консалтинг» – член Ассоциации «Моринформсистема».

Решения собрания:

1. Доклады предприятий принять к сведению и одновременно поручить исполнительной дирекции Выборгско-



Слева направо: А.С. Соловьев, М.В. Александров, Л.Г. Грабовец

го судостроительного завода и завода «Пелла» подготовить обращение в органы федеральной власти о необходимости решения указанных выше проблем.

2. Доклад о «Единой организационно-технологической концепции развития арматурного производства завода «Буревестник» и КБ «АРМАС» принять к сведению и одобрить.

Поручить исполнительной дирекции Ломоносовского завода судовой арматуры разобраться в вопросе изготовления судового оборудования по техническим условиям и подготовить предложения о возмож-

ности вернуться к его изготовлению по ГОСТам.

3. Принять к сведению информацию о программном обеспечении сервиса «Emart. Раздельный учет».

Предприятия–члены Ассоциации, заинтересованные в получении более подробной информации о сервисе, могут обращаться в дирекцию Ассоциации.

Президент Ассоциации М. В. Александров поручил исполнительной дирекции при формировании плана работы на будущий год запросить у предприятий–членов Ассоциации предложения по обсуждению на общих собраниях наболевших проблем. ■



25 июля 2019 г. исполнилось 65 лет председателю Санкт-Петербургского Морского Собрания, председателю Совета Ассоциаций Морских Собраний России Николаю Владимировичу Орлову.

Родился Николай Владимирович в станице Жуковская Ростовской области в 1954 г. После окончания средней школы поступил в Одесское высшее мореходное училище на судоводительский факультет, по окончании которого был призван в ряды Вооруженных Сил СССР. Службу проходил на подводных лодках Северного флота, окончил Военно-морскую академию им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова и Санкт-Петербургскую академию государственной службы при Президенте РФ.

В апреле 1985 г. Николай Владимирович был направлен на работу в Демократическую Республику Афганистан в войсковую часть ограниченного контингента войск, где он прослужил по март 1987 г. Во время прохождения службы проявил себя исключительно с положительной стороны. За отличное исполнение служебного долга командование неоднократно поощряло и награждало его.

После возвращения в Ленинград Николай Владимирович получил назначение на должность управляющего трестом, а в феврале 1989 г. состоялось его избрание первым заместителем председателя Исполнительного Комитета Калининского района города. В сентябре 1993 г. Николай Владимирович перешел на работу в аппарат Полномочного представителя Президента РФ по Ленинградской области.

Важным для Н. В. Орлова стал март 1995 г., когда он воссоздал Санкт-Петербургское Морское Собрание и был избран его председателем. С того времени Николай Владимирович ведет большую напряженную работу по нормальному функционированию СПб МС. Н. В. Орлов сплотил в Морском Собрании свыше 500 его постоянных и почетных членов, гостей, известных людей и всех тех, кто просто поддерживает Собрание и интересуется его деятельностью.

В современных условиях жизни с ее высокими темпами Н. В. Орлов сохраняет нормальный график работы Морского Собрания, чему значительно способствует его постоянно действующий коллегиальный орган – Совет Старшин. В октябре 2001 г. по

К 65-ЛЕТИЮ Н. В. ОРЛОВА

Г. А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф., историограф СПб МС, контакт. тел. (812) 312 5396



инициативе Николая Владимировича была создана Межрегиональная ассоциация Морских Собраний России. В нее вошли Морские Собрания таких городов, как Архангельск, Владивосток, Вологда, Калининград, Мурманск, Петропавловск-Камчатский, Севастополь, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург.

Два раза в год Морское Собрание Петербурга проводит торжественные Ассамблеи, на которых проходят встречи его членов и гостей, награждения и чествования юбиляров и заслуженных людей России.

В ноябре 2002 г. Правящий Князь Монако назначил Н. В. Орлова Почетным Генеральным Консулом Княжества Монако в городе Санкт-Петербурге и Северо-Западном федеральном округе.

В декабре 2002 г. Николай Владимирович успешно защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата политических наук по теме «Обоснование создания Объединенного Морского министерства России». Н. В. Орлов – академик Санкт-Петербургской инженерной академии (Отдел судостроения), Почетный доктор Военно-медицинской академии, Почетный работник Морского флота России, Почетный работник транспорта и Почетный работник

Российского морского регистра судоходства, Почетный профессор ГМА им. Макарова.

Н. В. Орлов имеет государственные награды и награды зарубежных стран. За плодотворную работу по возрождению флотских традиций Главком ВМФ РФ объявил Николаю Владимировичу благодарность и наградил его золотым именованным холодным оружием. Во многом благодаря энергичной деятельности Н. В. Орлова СПб МС пользуется заслуженным авторитетом не только в нашем городе и стране, но и за рубежом.

В числе благородных дел Николая Владимировича значатся возвращение на Родину из Франции праха последнего морского министра Императорской России адмирала И. К. Григоровича и его перезахоронение в Санкт-Петербурге, восстановление 59 мемориальных досок во Владимирском соборе в Севастополе (усыпальнице русских адмиралов).

В этой деятельности Николай Владимирович ориентируется на обращения Главнокомандующего вооруженными силами РФ Президента В. В. Путина к россиянам, который неоднократно подчеркивал, что без знания героического прошлого нашего Отечества и морских побед россиян нет полноценного настоящего и уверенности в будущем. Россия как великая морская держава надежно обороняет морские рубежи и с честью хранит флотские традиции, завещанные нам Петром Великим, а корабли ВМФ высоко несут Андреевский флаг.

Друзья, коллеги, Почетные члены, Совет старшин и члены Санкт-Петербургского Морского Собрания поздравляют Николая Владимировича Орлова с 65-летием и желают ему крепкого здоровья, счастья, благополучия и продолжения его многогранной деятельности во благо Российского флота.

Редсовет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают Николаю Владимировичу успехов в его важной для страны и ВМФ работе. ■

11 июля 2019 года в Государственной резиденции К-2 на Крестовском острове состоялась 49-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания, посвященная Дню Военно-Морского Флота России. Прибывающих на Ассамблею гостей и членов Морского Собрания встречали председатель СПб МС Н. В. Орлов, заместитель председателя В. П. Иванов, дежурные старшины СПб МС.

Ассамблея по традиции началась с концерта солистов Мариинского театра, которые исполнили классические, русские народные и флотские песни и композиции. Торжественную часть Ассамблеи открыл председатель СПб МС Н. В. Орлов и в приветственном обращении к гостям и членам СПб МС обозначил важность приближающегося события – дня Военно-Морского Флота России. Он обратил внимание участников Ассамблеи на большую значимость сохранения и приумножения флотских традиций нашего Отечества в условиях непростого современного положения России на международной арене и отметил роль Морского Собрания Санкт-Петербурга в этом процессе и в целом в поддержании высокого статуса России как морской державы.

После торжественного приветствия Н. В. Орлов сердечно поздравил с 80-летним юбилеем члена СПб МС

49-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*Г.А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф., историограф СПб МС,
контакт. тел. (812) 312 5396*



Награждение В.Н. Глебова орденом «За заслуги 1 степени»

В. Н. Глебова, вручил ему орден «За заслуги 1 степени» и пожелал крепкого здоровья, благополучия и успехов.

На Ассамблее присутствовал начальник Главного штаба ВМФ России вице-адмирал А. О. Воложинский. ■



Фото пресс-секретаря СПб Морского Собрания И.А. Лещенко

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полуполноцветные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полуполноцветных, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и 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 061.43:629.5 **Ключевые слова:** III Международный рыбопромышленный форум, Выставка рыбной индустрии, морепродуктов и технологий, ОАО «Пелла», участие, суда, модели

Судостроительный завод «Пелла» на III Международном рыбопромышленном форуме и Выставке рыбной индустрии, морепродуктов и технологий // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 1

Об участии ОАО «Пелла» в этих форумах, где были представлены проекты и модели судов. Приведены также справка о верфи, показатели ее работы на 2019 г. Ил. 5

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** речной круиз, речное и смешанного плавания круизное пассажирское судно, проектирование, обновление флота, опыт, конверсия, экономика, эффективность

А.Г. Егоров. Принципы проектирования речных круизных судов с использованием судов-доноров // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 9

Обозначена проблема необходимости обновления флота отечественных речных круизных пассажирских судов. Предложены основные варианты обновления. Описана процедура конверсии пассажирских судов с учетом инновационных решений, реализованных на современных европейских, американских и отечественных судах. Т. 3. Ил. 5. Библиогр. 15 назв.

УДК 6219.551 **Ключевые слова:** Северное ПКБ, плавучая автостоянка, стоечное судно, модульность, проектирование

Жизнь на воде. Предложения Северного ПКБ // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 17

О новом направлении деятельности проектного бюро - проектировании плавучих гостиниц, автостоянок, плавучего общественного пространства как арт-объекта, возможности применения принципа модульности. Эти проекты могут привлечь бизнес, благодаря своим преимуществам в условиях дефицита земельных участков в городах. Ил. 2

УДК 629.556 **Ключевые слова:** речной танкер, «Ленанефть», северный завод, СПГ, речной транспорт, независимые танки, танки типа С

А. Ю. Баранов, Л. В. Иванов. Анализ конструктивных особенностей систем хранения груза для модернизации проекта речного танкера класса река-море // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 18

Рассмотрены варианты модификации речного танкера класса река-море для реализации встречных перевозок дизельного топлива и СПГ. Подбирается оптимальная система хранения груза. Оценивается изменение вместимости танкера после модернизации. Т.2. Ил. 8. Библиогр. 14.

УДК 629.576 **Ключевые слова:** судно на воздушной подушке, экраноплан, концептуальное проектирование, численное моделирование

А.В. Февральских. Возможности автоматизации концептуального проектирования скоростных судов с аэродинамическим поддержанием // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 22

Проанализированы возможности применения различных подходов к моделированию новых концепций судов с аэродинамическим поддержанием. На примере исследования проектируемой компоновки экраноплана по критериям продольной статической устойчивости выполнена апробация возможностей автоматизации численного моделирования экранной аэродинамики. Ил. 5. Библиогр. 15 назв.

УДК 629.5.081 **Ключевые слова:** проектант, проектирование судов, управление конструкторской документацией, система управления, график проектирования, мобильный ассистент руководителя

А.С. Соловьев, И.В. Щербаков, В.А. Власов. Управление проектными работами в судостроении с использованием автоматизированной системы поддержки проектных работ «Меридиан» // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 27

Разработка конструкторской документации для судостроения характеризуется значительным объемом и сложностью выполняемых проектных работ, а также жесткими требованиями к соблюдению графика выпуска документов. С учетом количества разрабатываемых проектных документов, а также сложных и длительных жизненных циклов уже разработанных документов проектант обычно сталкивается с непростой задачей планирования и организации собственных работ с учетом графика сдачи документов и др. требований. Приведен пример решения задачи управления ходом проектных работ с использованием автоматизированной системы поддержки проектных работ «Меридиан». Ил. 9.

УДК 621.039.629.5 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», ракетный катер «Молния», малый ракетный корабль, малый противолодочный корабль, проектирование, строительство

А.В. Шляхтенко, А.Л. Ивченко. «Молниям» – 40 лет // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 32

О создании боевых кораблей нового класса – ракетных катерах пр. 1241-1 «Молния» и пр. 1241-2 «Молния-2» и других модификаций корабля на базе пр. 1241 «Молния», которые уже 40 лет успешно несут службу в составе всех флотов России и флотов ряда иностранных государств. Особое внимание уделено их вооружению и проведению межведомственных и государственных испытаний, а также участию Средне-Невского и Хабаровского судостроительных заводов в их постройке. Ил. 15

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Г.Н. Чернышев, генеральный конструктор, биография

Р.А. Шамаков. К 100-летию со дня рождения генерального конструктора АО «СПМБМ «Малахит» Г.Н. Чернышева // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 41

Очерк о выдающемся главном (генеральном) конструкторе, работавшем в СПМБМ «Малахит» с 1948 по 1997 г. По его проектам разработаны и построены более 60 атомных подводных лодок 2-го и 3-го поколений, которые держали паритет с зарубежными АПЛ в годы «холодной войны» и продолжают служить в настоящее время. Ил. 5.

УДК 539.3 **Ключевые слова:** глубоководный иллюминатор, обжимная шайба, параметры, выбор

В.П. Лянзберг, Н.М. Вихров, А.А. Шнуренко. К вопросу выбора параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 47

Рассмотрено подробно влияние конструктивных и технологических параметров обжимной шайбы на величину ее осевого смещения и характер передаваемых усилий на боковую поверхность стеклоэлемента иллюминатора. Показано, что при любой комбинации выбранных параметров необходимо обеспечить прежде всего осесимметричную передачу нагрузки на боковую поверхность стеклоэлемента. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 658.562 **Ключевые слова:** экономическая безопасность предприятия, эффективность системы экономической безопасности, гособоронзаказ

А.А. Бурыкин, М.И. Краморенко. Оценка эффективности системы экономической безопасности предприятий, выполняющих государственный оборонный заказ // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 48

Сформулирована и решена задача по оценке эффективности системы экономической безопасности предприятий, выполняющих государственный оборонный заказ. Предложен алгоритм ее расчета и суммарных затрат на формирование, внедрение и функционирование системы экономической безопасности. Библиогр. 20 назв.

УДК 004.9 **Ключевые слова:** финансы, стратегическое управление, потенциал, производительность, методология, моделирование

А.О. Кулакова, Д.В. Осипова. Внедрение трехмерной геоинформационной системы на предприятии на примере АО «Адмиралтейские верфи» // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 51

Рассмотрен инновационный проект по созданию и внедрению трехмерной геоинформационной системы. Описаны основные технические характеристики системы, этапы проведения опытной эксплуатации, проведена оценка эффективности инновационного проекта, оценены потенциальные сценарии развития системы. Т.2. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.833:629.5.083 **Ключевые слова:** корабль, судно, срок службы, продление, освидетельствование

О.А. Нестерец. Опыт АО «51 ЦКТИС» по продлению полных сроков службы кораблей и судов ВМФ // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 55

Подробно проанализирован опыт «51 ЦКТИС» по продлению сроков службы кораблей и судов ВМФ, освидетельствования корпусов и кабельных изделий, разработки на основе накопленного опыта ГОСТ о порядке продления сроков службы кораблей. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.436:621.438 **Ключевые слова:** надводный корабль, энергетическая установка, живучесть ЭУ, поражающие воздействия, резервирование, уязвимость, условный закон живучести

Е.Г. Пучков. Оценка живучести энергетических установок надводных кораблей // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 59

Акцентируется внимание на целесообразности оценки живучести кораблей в целом и их энергетических установок (ЭУ) в частности, на более ранних этапах иссле-

довательского проектирования, когда есть возможность принимать технические решения, в том числе в обеспечении высоких показателей живучести. Приведены подходы к оценке живучести и аналитические зависимости, с использованием которых можно проводить широкий спектр исследований по оценке влияния топологии размещения элементов ЭУ внутри корпуса корабля на живучесть ЭУ. Т.2. Ил. 2. Библиогр. 6 назв.

УДК 623.8.02.08 **Ключевые слова:** система размагничивания, магнитное поле, карбид кремния
В.В. Фогель, Е.А. Густякова. Уменьшение потерь мощности в мощных преобразовательных устройствах систем компенсации корабельных магнитных полей // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 63

Рассмотрены возможности увеличения КПД силовых преобразователей для систем компенсации корабельных магнитных полей. Представлено перспективное решение по уменьшению динамических потерь мощности, а также выполнен численный расчет, показывающий преимущество выбранного решения. Ил. 2. Библиогр. 1 назв.

УДК 629.45.018.2 **Ключевые слова:** пространственные шарнирные механизмы с вращательными шарнирами, пространственный шарнирный четырехзвенник Беннетта, испытательный стенд, схемно-конструктивная модель, техническое предложение, проектирование, конструкция
М.А. Александров, Н.А. Грибенюк. Модель устройства для испытания изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов на основе пространственного шарнирного механизма // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 67

Предложено устройство для испытания устанавливаемых на кораблях металлоконструкций и электротехнических изделий на устойчивость к воздействию качки и длительных наклонов на основе пространственного шарнирного механизма Беннетта. Спроектирована схемно-конструктивная модель такого устройства, способная воспроизводить сложное колебательное движение его выходного звена в пространстве, сходное по своему характеру к синусоидальным движением качения судна на волнах. Ил. 11. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.436:621.438 **Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, главная энергетическая установка, буксировочные кривые, агрегатная мощность, корабли ВМФ
В.В. Барановский, К.А. Ефремов. Общая проблематика разработки и создания перспективных корабельных газотурбинных двигателей многоцелевых надводных кораблей ВМФ // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 72

Приведены обосновывающие материалы по разработке и использованию перспективных корабельных газотурбинных двигателей в составе различных агрегатов многоцелевых кораблей в обеспечении их ходкости и маневренности. Т.2. Ил.7. Библиогр. 5 назв.

УДК 774.63 **Ключевые слова:** конденсатор, турбина, турбогенератор, трубный пучок, пар, конденсация, сечение, овальность, закрутка, скорость пара, теплообмен
О.О. Лебедев. Разработка трубного пучка рациональной конструкции для конденсатора паровых турбин // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 80

Показана возможность улучшения массогабаритных, тепловых и акустических характеристик конденсаторов при формировании трубного пучка определенным образом с изменением овальности и угла закрутки теплообменных трубок. Предлагаемая конструкция трубного пучка конденсаторов паровых турбин обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными решениями конструкций конденсаторов. Т.1. Ил. 6. Библиогр. 4 назв.

УДК 061.43:621.643 **Ключевые слова:** АО «Армалит», арматуростроение, инновации, блок управления электроприводов

Участники МВИС-2019 впервые встали за пульт управления новейшей судовой трубопроводной арматурой // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 83

Знакомит с экспозицией АО «Армалит» на МВМС-2019, представленных на стенде предприятия двух дисковых затворов с электроприводами. При их создании был внедрен ряд инновационных разработок. Особое внимание уделено их преимуществам. Ил. 4.

УДК 625.1 **Ключевые слова:** система контроля и управления безэкипажными судами (БЭС), бортовая система, центр управления, взаимодействие
В.М. Амбросовский, Д.В. Казунин, А.П. Орлов. Система управления автономных и дистанционно управляемых судов // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 87

Рассмотрены вопросы создания систем контроля и управления безэкипажными судами, в первую очередь информационного взаимодействия бортовых систем контроля и управления безэкипажными судами с центром управления ими. Проанализированы информационные структуры бортовых систем контроля и управления и центра управления. Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

УДК 681.5.015.26 **Ключевые слова:** ПИД-регулятор, автоматизированная настройка, следящий привод, SIMULINK
А. Н. Попадьян. Автоматизированная настройка ПИД-регулятора для управления следящим приводом с использованием программного пакета MATLAB SIMULINK // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 93

Рассмотрена задача синтеза закона управления следящим приводом для формирования динамически изменяющейся нагрузки на исполнительном механизме. Предложены математическая модель следящего привода, реализованная в среде SIMULINK, а также методика автоматизированной настройки параметров ПИД-регулятора. Проведен анализ качества переходного процесса при формировании нагрузки. Ил. 11. Библиогр. 6 назв.

УДК 627.71 **Ключевые слова:** мультипараметрические и микроструктурные зонды, профиль скорости звука, система вертикального профилирования
В.С. Кожевников, Александр Сячин. Инновационные технологии подводных измерений // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 99

Описаны возможности получения оперативной информации о скорости распространения звуковых волн в водной среде с помощью мультипараметрических и микроструктурных зондов от ведущего мирового производителя компании «Sea & Sun Technology GmbH». Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.311:629 **Ключевые слова:** расходные элементы, корабельные системы, контроль работоспособности, необходимость внедрения, техническая готовность
Р.В. Долбилин, Ю.И. Стекольников. Обоснование необходимости встроенного контроля работоспособности расходных элементов корабельных систем // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 100

Предложен вариант подхода к обоснованию необходимости встроенного контроля работоспособности расходных элементов (РЭ) корабельных систем, основанный на возможностях моделей дискретной математики. Вычислительным экспериментом показана чувствительность результата обоснования от эксплуатационных характеристик РЭ и приборных ошибок системы контроля, что позволяет судить об условиях необходимости внедрения данных систем. Ил.3. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.12.001.2 **Ключевые слова:** авария на море, человеческий фактор, вес ошибки оператора
М. В. Гомзяков. Аварийность на море: вес и цена человеческого фактора // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 102

Рассмотрена методика определения веса оператор-

ских ошибок при эксплуатации морского судна. В ходе анализа аварийности морских судов Дальневосточного региона выявлены происшедшие, произошедшие вследствие влияния человеческого фактора. Действия экипажей, послужившие причиной аварии, классифицированы по функциям и уровням ответственности Конвенции ПДНВ-78. Определен средний суточный простой аварийного транспортного и рыболовного судна. Т.2. Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.324 **Ключевые слова:** процесс обучения, новая техника, интеллектуальные технологии, интеграция знаний, компьютерная математика
В.В. Григорьев-Голубев, Ю.И. Нечаев, К.В. Рождественский. Интеллектуальные технологии в системе подготовки иностранных специалистов в области кораблестроения // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 107

Обсуждается проблема использования современных интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений при создании новой техники и технологий. Основное внимание уделяется интеграции знаний на базе курса современной компьютерной математики. Теоретический базис этого курса использован в системе интеллектуальной поддержки процесса обучения. Изложение теоретических основ курсов лекций сопровождается примерами практических приложений в задачах моделирования и визуализации эволюционной динамики нестационарных систем. Т.1. Ил. 6. Библиогр. 13 назв.

УДК 322:355.233:614.8 **Ключевые слова:** УПЦ «Совкомфлот», экипаж судна, переподготовка
М.С. Ковальский. Типовые требования к подготовке экипажей судов, подпадающих под действие кодекса МГТ, в соответствии с требованиями Международной конвенции ПДНВ-78/95 (Части А-V/3) // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 112

Предоставлен опыт учебно-тренажерного центра «Совкомфлот» по подготовке экипажей судов, который положен в основу рабочей программы «Расширенная подготовка экипажей судов, подпадающих под действие Кодекса МГТ». Кратко изложены основные темы подготовки членов экипажей современных судов, использующих газомоторное топливо, которые позволяют получить максимально-возможный эффект от обучения за счет возможности использования полученных теоретических знаний и практических навыков на тренажерном оборудовании центра. Ил. 1. Библиограф. 11 назв.

УДК 9.93/94 **Ключевые слова:** конструкторское бюро НК ВМФ, минно-торпедный отдел, инголиновая торпеда, магнитные замыкатели
Б.А. Барбанель, В.Н. Половинкин, С.В. Федулов. Изучение и использование немощных новинок минно-торпедного вооружения в интересах отечественного флота (1945–1946) // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 115

Посвящена немецким достижениям в области минно-торпедного вооружения в 40-е гг., прежде всего в создании инголиновой торпеды, деятельности руководства СССР и командования ВМФ, направленной на то, чтобы изучить и использовать немецкий опыт создания новых видов техники и вооружения в интересах флота. Ведущая роль при этом отводилась Конструкторскому бюро НК ВМФ в Берлине, в том числе его минно-торпедному отделу. Библиогр. 15 назв.

УДК 678.02:629.5 **Ключевые слова:** Арктика, экологическая безопасность, ледоколы, танкеры, платформы, конструкционные материалы, НИЦ «Курчатовский институт» – КМ «Прометей»
А.С. Орыщенко. Современные материалы для Арктики // Морской вестник. 2019. №3(71). С. 122

О разработке институтом сталей класса Агс, материалов, обладающих высокой коррозионной и удельной прочностью, что позволяет их применять при создании энергетического оборудования, глубоководной техники, ледоколов, танкеров, нефтегазовых платформ, работающих в суровых арктических условиях. Ил. 5.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor «MathType.» Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

ABSTRACTS

UDC 061.43:629.5 **Keywords:** III International Fishery Forum, Exhibition of the fishing industry, seafood and technology. Pella OJSC, participation, vessels, models

Pella Shipyard at the III International Fishery Forum and Exhibition of the Fish Industry, Seafood and Technologies // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.1

On the participation of Pella OJSC in these forums, where ship designs and models were presented. A certificate of the shipyard, indicators of its work for 2019 are also provided. Fig.5.

UDC 629.5.01 **Keywords:** river cruise, river and mixed navigation cruise passenger ship, design, fleet renewal, experience, conversion, economics, efficiency

A.G. Egorov. Principles of designing river cruise ships using donor vessels // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.9

The problem of the need to update the fleet of domestic river cruise passenger ships is outlined. The main update options are proposed. The procedure for the conversion of passenger ships is described taking into account innovative solutions implemented on modern European, American and domestic ships. T.3. Fig.5. Bibliography 15 titles.

UDC 6219.551 **Keywords:** Severnoye Design Bureau, floating parking lot, rack vessel, modularity design

Life on water – the proposals of the Severnoye Design Bureau // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.17

About the new direction of the design office – the design of floating hotels, parking lots, floating public space as an art object, the possibility of applying the principle of modularity. These projects can attract business, due to their advantages in conditions of shortage of land in cities. Fig. 2.

UDC 629.556 **Keywords:** river tanker, Lenaneft, northern delivery, LNG, river transport, independent tanks, type C tanks

A.Yu. Baranov, L.V. Ivanov. Analysis of the design features of cargo storage systems for the modernization of the project of a river tanker of the river-sea class // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.18

Modifications of a river tanker of the river-sea class for the implementation of oncoming transport of diesel fuel and LNG are considered. The optimal cargo storage system is selected. The change in tanker capacity after modernization is estimated. T.2. Fig.8. Bibliography 14 titles.

UDC 629.576 **Keywords:** hovercraft, ekranoplan, conceptual design, numerical simulation

A.V. Fevral'skikh. Automation capabilities for the conceptual design of high-speed vessels with aerodynamic support // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.22

The possibilities of applying various approaches to the modeling of new concepts of ships with aerodynamic support are analyzed. On the example of studying the de-

signed layout of the ekranoplan according to the criteria of longitudinal static stability, the approbation of automation capabilities of the numerical modeling of screen aerodynamics is carried out. Fig.5. Bibliography 15 titles.

UDC 629.5.081 **Keywords:** designer, ship design, management of design documentation, management system, design schedule, mobile assistant manager

A.S. Soloviev, I.V. Shcherbakov, V.A. Vlasov. Management of design work in shipbuilding using the Meridian automated design support system // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.27

The development of design documentation for shipbuilding is characterized by a significant amount and complexity of the design work performed, as well as stringent requirements for adhering to the schedule for issuing documents. Given the number of project documents being developed, as well as the complex and lengthy life cycles of documents already developed, the designer is usually faced with the difficult task of planning and organizing their own work, taking into account the schedule for submitting documents, available resources, the need for approval of documents, requirements for amendments, and coordination of activities their contracting contractors. An example of solving the problem of controlling the progress of design work using the Meridian automated design support system is given. Fig. 9.

UDC 621.039.629.5 **Keywords:** Almaz CDMB, «Molniya» missile boat, small missile ship, small anti-submarine ship, design, construction

A.V. Shlyakhtenko, A.L. Ivchenko. «Molniya» – 40 years // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.32

On the creation of a new class of warships – missile boats, pr. 1241-1 «Molniya» and pr. 1241-2 «Molniya-2» and other modifications of the ship based on pr. 1241 «Molniya», which have been successfully serving in all fleets for 40 years Russia and the fleets of a number of foreign states. Particular attention is paid to their armament and the conduct of interdepartmental and state tests, as well as to the participation of the Sredne-Nevisky and Khabarovsk shipyards in their construction. Fig. 15

UDC 629.5 **Keywords:** G.N. Chernyshev, general designer, biography

R.A. Shmakov. On the occasion of the 100th birthday of G.N. Chernyshev – General Designer of SPMDB Malachite JSC // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.41

Essay on the outstanding chief (general) designer, who worked at the St. Petersburg Marine Design Bureau «Malachite» from 1948 to 1997. According to his designs, more than 60 nuclear submarines of the 2nd and 3rd generations were designed and built, which kept parity with foreign nuclear submarines in the Cold War years and continue to serve now. Fig.4.

UDC 539.3 **Keywords:** deep-sea porthole, crimp washer, parameters, choice

V.P. Lyanzberg, N.M. Vikhrov, A.A. Shnurenko. To

the question of choosing the parameters of the crimp washer of high pressure windows // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.47

The influence of the structural and technological parameters of the crimp washer on the value of its axial displacement and the nature of the transmitted forces on the side surface of the glass of the window is examined in detail. It is shown that for any combination of the selected parameters, it is necessary to ensure, above all, axisymmetric transfer of the load to the side surface of the glass. Fig.1. Bibliography 4 titles.

UDC 658.562 **Keywords:** economic security, economic security of an enterprise, efficiency of an economic security system

A.A. Burykin, M.I. Kramorenko. Evaluation of the effectiveness of the economic security system of enterprises performing the state defense order // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.48

The problem of assessing the effectiveness of the economic security system of enterprises that fulfill the state defense order is formulated and solved. An algorithm is proposed for its calculation and total costs for the formation, implementation and operation of the economic security system. Bibliography 20 titles.

UDC 004.9 **Keywords:** finance, strategic management, strategy, potential, productivity, methodology, modeling

A.O. Kulakova, D.V. Osipova. Implementation of a three-dimensional geographic information system at an enterprise using the example of Admiralty Shipyards JSC // Morskoy Vestnik. № 3(71). P.51

An innovative project for the creation and implementation of a three-dimensional geographic information system is considered. The main technical characteristics of the system, the stages of pilot operation are described, the effectiveness of the innovation project is evaluated, and potential scenarios of the development of the system are evaluated. T.2. Bibliography 2 titles.

UDC 621.833: 629.5.083 **Keywords:** ship, vessel, service life, extension, survey

O.A. Nesterets. The experience of 51 CDTISR JSC in extending the full service life of ships and vessels of the Navy // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.55

The 51 CDTISR experience in extending the service life of ships and vessels of the Navy, examining hulls and cable products, and developing on the basis of the accumulated experience of GOST on the procedure for extending the life of ships is analyzed in detail. Bibliography 6 titles.

UDC 621.436: 621.438 **Keywords:** surface ship, power plant, PP survivability, damaging effects, redundancy, vulnerability, conditional survivability law

E.G. Puchkov. Survival assessment of power plants of surface ships // Morskoy vestnik. 2019. № 3(71). P.59

Attention is focused on the appropriateness of assessing the survivability of ships in general and their power plants (PP) in particular, at the earlier stages of

research design, when it is possible to make technical decisions, including ensuring high survivability indicators. Approaches to survivability assessment and analytical dependencies are presented, using which a wide range of studies can be performed to assess the impact of the topology of the placement of PP elements inside the ship's hull on the survivability of PP.T.2. Fig.2. Bibliography 6 titles.

UDC 623.8.02.08 **Keywords:** demagnetization system, magnetic field, silicon carbide

V.V. Fogel, E.A. Gustyakova. Reducing power losses in powerful converting devices of compensation systems for ship magnetic fields // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.63

The possibilities of increasing the efficiency of power converters for compensation systems for ship magnetic fields are considered. A promising solution to reduce dynamic power losses is presented, as well as a numerical calculation is performed showing the advantage of the selected solution. Fig. 2. Bibliography 1 title.

UDC 629.45.018.2 **Keywords:** spatial articulated mechanisms with rotary joints, spatial articulated Bennett four-link, test bench, circuit design model, technical proposal, design, construction

M.A. Alexandrov, N.A. Gribenyuk. A model of a device for testing products for resistance to rolling and long-term inclinations based on a spatial articulated mechanism // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.67

A device is proposed for testing steel structures and electrical products installed on ships for resistance to rolling and long-term inclinations based on Bennett's spatial articulated mechanism. A schematic structural model of such a device has been designed, capable of reproducing the complex oscillatory motion of its output link in space, similar in nature to the sinusoidal motion of the ship rolling on the waves. Fig.11. Bibliography 6 titles.

UDC 621.436: 621.438 **Keywords:** gas turbine engine, main power plant, towing curves, aggregate power, Navy ships

V.V. Baranovsky, K.A. Yefremov. General problems of the development and creation of promising ship gas turbine engines of the Navy's multi-purpose surface ships // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.72

Substantiating materials are given for the development and use of promising ship gas turbine engines as a part of various units of multi-purpose ships in order to ensure their speed and maneuverability.T.2. Fig.7. Bibliography 5 titles.

UDC 774.63 **Keywords:** condenser, turbine, turbo-generator, tube bundle, steam, condensation, section, ovality, swirl, steam speed, heat transfer

O.O. Lebedev. Development of a tube bundle of a condenser of steam turbines of rational design // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.80

The possibility of improving the mass-dimensional, thermal and acoustic characteristics of capacitors when forming a tube bundle in a certain way with a change in the ovality and swirl angle of the heat-exchange tubes is shown. The proposed design of a tube bundle of steam turbine condensers has a number of advantages compared to traditional solutions of condenser designs.T.1. Fig.6. Bibliography 4 titles.

UDC 061.43: 621.643 **Keywords:** Armalit JSC, valve manufacturing, innovations, electric drive control unit

The participants of IMDS-2019 for the first time stood up for the control panel the latest ship pipe fittings // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.83

Introduces the exposure of Armalit JSC at IMDS-

2019, presented at the enterprise's booth of two butterfly valves with electric actuators. When they were created, a number of innovative developments were introduced. Particular attention is paid to their benefits. Fig.4.

UDC 62–51 **Keywords:** control and management system for crewless vessels (BES), on-board system, control center, interaction

V.M. Ambrosovsky, D.V. Kazunin, A.P. Orlov. The control system of autonomous and remotely controlled ships // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.87

The issues of creating control and management systems for crewless vessels, primarily the information interaction of airborne monitoring and control systems for crewless vessels with the control center of these vessels, were considered. The information structures of the on-board systems monitoring and control systems and the control center are analyzed. Fig.6. Bibliography 2 titles.

UDC 681.5.015.26 **Keywords:** PID-regulator, automated tuning, servo drive, Simulink

A.N. Popad'in. Automated tuning of PID regulator to control servo drive using the software package MATLAB Simulink // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.93

The problem of synthesis of control law for servo drive for forming dynamically changing load on the actuator was considered. Mathematical model of a servo drive implemented in the programming environment Simulink was considered. Method of automated tuning of PID regulator parameters is proposed. The quality of the transition process during the formation of the load was analyzed. Fig.11. Bibliography 6 titles.

UDC 627.71 **Keywords:** multiparameter and microstructural probes, sound velocity profile, vertical profiling system

V.S. Kozhevnikov, Alexander Syachin. Innovative technologies of underwater measurements // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.99

Possibilities of obtaining on-line information on the speed of propagation of sound waves in an aqueous medium using multiparameter and microstructural probes from the world's leading manufacturer Sea & Sun Technology GmbH are described. Fig.3. Bibliography 2 titles.

UDC 621.311: 629 **Keywords:** consumables, ship systems, performance monitoring, the need for implementation, technical readiness

R.V. Dolbilin, Yu.I. Stekol'nikov. Justification of the need for built-in performance monitoring of consumable elements of ship systems // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.100

A variant of the approach is proposed to justify the need for built-in performance monitoring of consumable elements (RE) of ship systems, based on the capabilities of discrete mathematics models. A computational experiment shows the sensitivity of the justification result from the operational characteristics of the RE and the instrument errors of the control system, which allows us to judge the conditions for the need to implement these systems. Fig.3. Bibliography 2 titles.

UDC: 629.12.001.2 **Keywords:** accident at sea, human factor, weight of operator error

M.V. Gomzyakov. Accident at sea: weight and price of the human factor // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.102

The technique of determining the weight of operator errors during the operation of a marine vessel is considered. In the course of the analysis of the accident rate of marine vessels of the Far Eastern region, incidents occurred due to the influence of the human factor. The actions of the crews that caused the accident are clas-

sified by the functions and levels of responsibility of the STCW-78 Convention. The average daily downtime of an emergency transport and fishing vessel was determined.T.2. Fig.3. Bibliography 7 titles.

UDC 681.324 **Keywords:** learning process, new technology, intelligent technologies, knowledge integration, computer mathematics

V.V. Grigorev-Golubev, Yu.I. Nechaev, K.V. Rozhdestvensky. Intelligent technologies in the system of training foreign specialists in the field of shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.107

The problem of using modern intelligent technologies and high-performance computing to create new equipment and technologies is discussed. The main focus is on the integration of knowledge based on a course in modern computer mathematics. The theoretical basis of this course is used in the system of intellectual support of the learning process. The presentation of the theoretical foundations of lecture courses is accompanied by examples of practical applications in the problems of modeling and visualizing the evolutionary dynamics of non-stationary systems.T.1. Fig. 6. Bibliography 13 titles.

UDC 322:355.233.614.8 **Keywords:** Sovcomflot, crew, retraining

M.S. Kovalsky. Typical requirements for the training of crews of ships subject to the MGT code in accordance with the requirements of the International Convention STCW-78/95 (Parts A-V/3) // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.112

The experience of the Sovcomflot training center for the training of crews was provided, which forms the basis of the work program «Advanced training of crews of ships covered by the MGT Code», designed to conduct classes for officers and rank-and-file personnel who are entrusted with the maintenance and the use of NGV fuel and fuel systems on ships covered by the MGT Code. The main topics of the training of crew members of modern ships using gas engine fuel are briefly described, which allow you to get the maximum possible effect from training due to the possibility of using the acquired theoretical knowledge and practical skills on the training equipment of the center. Fig.1. Bibliography 11 titles.

UDC 9.93/94 **Keywords:** design bureau of the Navy PC, mine-torpedo department, ingoline torpedo, magnetic contactors

B.A. Barbanel, V.N. Polovinkin, S.V. Fedulov. The study and use of German novelties of mine-torpedo weapons in the interests of the domestic fleet (1945–1946) // Morskoy Vestnik. 2019. № 3(71). P.115

It is dedicated to German achievements in the field of mine-torpedo armament in the 40s, primarily in the creation of an Ingoline torpedo, the activities of the USSR leadership and the Navy command aimed at studying and using the German experience in creating new types of equipment and weapons in the interests of the fleet. The leading role was given to the Design Bureau of the Navy PC in Berlin, including its Mine and Torpedo Department. Bibliography 15 titles.

UDC 678.02:629.5 **Keywords:** Arctic, environmental safety, icebreakers, tankers, platforms, construction materials, NRC «Kurchatov Institute» – CRISM «Prometey»

A.S. Oryshchenko. Modern materials for the Arctic // Morskoy Vestnik. 2019. № 3 (71). P.122

On the development by the Institute of Arc-class steels, materials with high corrosion and specific strength, which allows them to be used to create power equipment, deep-sea equipment, icebreakers, tankers, oil and gas platforms operating in severe Arctic conditions. Fig.5.