

Морской



№3(55)
сентябрь
2015
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik

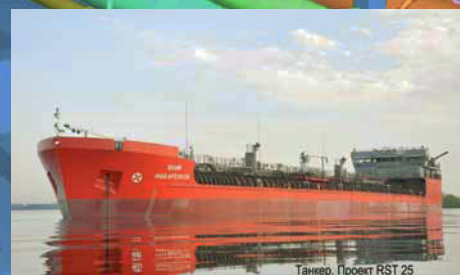


ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО



ПЕТРОБАЛТ

20 ЛЕТ



Морской Вестник

Morskoy Vestnik

№3(55)
сентябрь
2015

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Е.М. Апполонов, и.о. ректора ФГБОУ ВПО СПбГМТУ

Члены совета:

С.О. Барышников, ректор ФГБОУ ВПО

«ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»

А.С. Бузаков, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

Л.Г. Грабовец, генеральный директор ОАО «СФ "Алмаз"»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор

АО «СПМБМ "Малахит"»

В.В. Дударенко, генеральный директор

ООО «Судпромкомплект»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»

А.Ф. Зеньков, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПССТ»

Л.М. Клячко, генеральный директор АО «ЦНИИ "Курс"»

Е.В. Комраков, генеральный директор

ЗАО «ОСК-Транзас»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»

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

Л.Г. Кузнецов, генеральный директор

ОАО «Компрессор»

Г.Н. Муру, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.В. Самсонов, ВРИО директора ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.Н. Седов, генеральный директор ФАУ «Российский

морской регистр судоходства»

А.Г. Селезнев, генеральный директор

ОАО «СЗ "Северная верфь"»

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

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "Морфлот"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «ЛСЗ "Пелла"»

В.В. Шаталов, генеральный директор

ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

ОАО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

<i>Проектно-конструкторскому бюро «Петробалт» 20 лет</i>	6
И.В. Щербаков, А.С. Соловьев. Проектирование, закупки и строительство судов как единый интегрированный процесс	7
В.В. Шаталов, Р.М. Безишев. Конструкторское бюро «Вымпел»: 85 лет на службе гражданского флота	9
Г.Ф. Демешко, С.Н. Рюмин. Нормативно-правовые и проектные аспекты создания современных танкеров. Часть 1	11
А.Г. Егоров. Определение оптимального значения коэффициента полноты и эксплуатационной скорости составов и составных судов смешанного река-море плавания	19
И.О. Ивановский. «Эльбрус» коснулся воды	25
Ю.И. Нечаев. Модели современной теории катастроф в системе исследовательского проектирования морских судов	29

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Алексеева. Особенности бухгалтерского учета в судостроении. Часть 3	33
---	----

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

В.И. Вершинин, Б.Ю. Васильев, А.Н. Богданов. Возможность использования принципов динамического торможения в частотно-регулируемых элетроприводах переменного тока судовых турбомеханизмов	37
А.Г. Сотников, А.С. Петрушенко. Обеспечение надежности контроля тока и напряжения в приборах морской техники	41
А.В. Кузнецов, А.Ю. Мазуренко. Подходы к проектированию современной погружной аккумуляторной батареи глубоководных аппаратов	43
А.Н. Гаврилова, Д.А. Скороходов. Расчетные исследования системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя	47
А.З. Багерман, Р.А. Иванов, В.Н. Шитков, И.П. Леонова, А.В. Конопотова. Задачи для проектирования морских газотурбинных двигателей следующего поколения	50

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

О.С. Селивохин, М.А. Ермолина, Д.В. Першин. К задаче управления конечным положением движущихся объектов	55
О.Н. Музыченко, В.А. Пегушин. Автоматизированная система управления полетами вертолетов для оборудования диспетчерских пунктов управления воздушным движением	61
Б.И. Марченко, В.А. Мосунов. Совершенствование испытаний противокорабельных крылатых ракет на Феодосийском полигоне с использованием спутниковых навигационных систем	65



ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

И.В. Ефимов, В.В. Касьянов. К вопросу об автоматизации определения места судна и оценки его точности	67
М.Г. Черняев, В.Г. Михлин, А.В. Смольников. Аналитическое решение уравнений динамики маневрирующего подводного объекта	73
В.В. Кобзев, Д.К. Шилов. Тренажер на борту корабля	79
Н.М. Вихров, А.П. Нырков, Ю.Ф. Каторин, А.А. Шнуренко, А.В. Баймаков, С.С. Соколов, Р.А. Нурдинов. Анализ информационных рисков	81
Н.А. Нестеров, С.А. Груничев. Некоторые результаты испытаний комплекса многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300	87
О.А. Нестерец, Н.В. Рудаков. Совершенствование организационно-технической документации для сервисного обслуживания кораблей и судов ВМФ	89
А.Ф. Зеньков, П.Г. Бродский, В.П. Ленъков. К вопросу оценки уровня развития средств и технологий навигационно-гидрографического обеспечения на основе патентной информации	93
В.Н. Илюхин. К вопросу о совершенствовании спасания экипажей аварийных подводных лодок. К 15-й годовщине гибели АПЛ «Курск»	97
С.А. Бахарев, Л.М. Клячко, А.В. Рогожников, В.К. Смирнов. Низкотемпературное удаление влаги из продуктов питания в акустических полях	103
М.А. Абдулатипов, В.К. Калачев, И.К. Кузьмичев. Роль и проблемы зимней навигации в Волго-Каспийском бассейне	107
«Востребованы все морские и речные специальности»	109

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Е.А. Горин, К.С. Чернов. Мировое судостроение в 2014 г. – курс на Green shipping. Часть 2	113
Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные задачи развития судостроения и судоходства»	117
Итоги Международного военно-морского салона 2015 года	118
Тринадцатая международная выставка и конференция Нева–2015, 22–25 сентября 2015 г., Санкт-Петербург (1)	

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

В.Е. Юхнин. О.Ф. Якоб – создатель первых отечественных ракетных кораблей	119
---	-----

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Открытие памятника академику А.Н. Крылову в Чебоксарах	124
--	-----

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Общее собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга	125
80 лет адмиралу В.П. Иванову	126

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

42-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания	127
---	-----

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

Д.С. Глухов

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Редакционная коллегия

Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

В.Н. Глебов, канд. эконом. наук

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Р.Н. Караев, канд. техн. наук

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.

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

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Пряжин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, 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. Ильичева

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.

http://vak.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 № 1409.

Ответственность за содержание информационных и

рекламных материалов, а также за использование

сведений, не подлежащих публикации в открытой

печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка

допускается только с разрешения редакции.



Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

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

E.M. Appolonov, Acting rector SPbSMTU

Council Members:

S.O. Baryshnikov, Rector Admiral Makarov State
University of Marine and Inland Shipping

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

V.Yu. Dorofeev, General Director

JSC SPMBM Malachite

V.V. Dudarenko, General Director

JSC Sudpromkomplekt

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Morflot

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

E.V. Komrakov, General Director

JSC USC-Transas

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director,

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

G.N. Muru, General Director JSC 51 CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

A.V. Samsonov, Acting General Director JSC CRISM

S.N. Sedov, General Director FAI Russian Maritime

Register of Shipping

A.G. Seleznev, Acting General Director

JSC SBY Severnaya Verf

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Avrora

A.V. Shlyakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

K.A. Smirnov, General Directors JSC SMS

V.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

G.R. Tsaturov, General Director

JSC LSBY Pella

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- Planning and Design Bureau «Petrobalt» celebrates its 20 years anniversary* 6
- I. V. Scherbakov, A. S. Solovyev.** Design, procurement and shipbuilding
as a single integrated process 7
- V. V. Shatalov, R. M. Begishev.** Design Bureau «Vympel»: 85 years
in the service of the merchant marine 9
- G. F. Demeshko, S. N. Ryumin.** Legal and regulatory and design aspects
of modern oil vessels creation. Part 1 11
- A. G. Egorov.** Optimal value determination of coefficient of fineness
and sea-speed of arrangements and compoundable mixed river-sea-going ships 19
- I. O. Ivanovsky.** «El'brus» has touched water 25
- Yu. I. Nechaev.** Models of the modern theory of catastrophes in system
of ship design study 29

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- E. V. Alexeeva.** The peculiarities of accounting in shipbuilding. Part 3 33

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

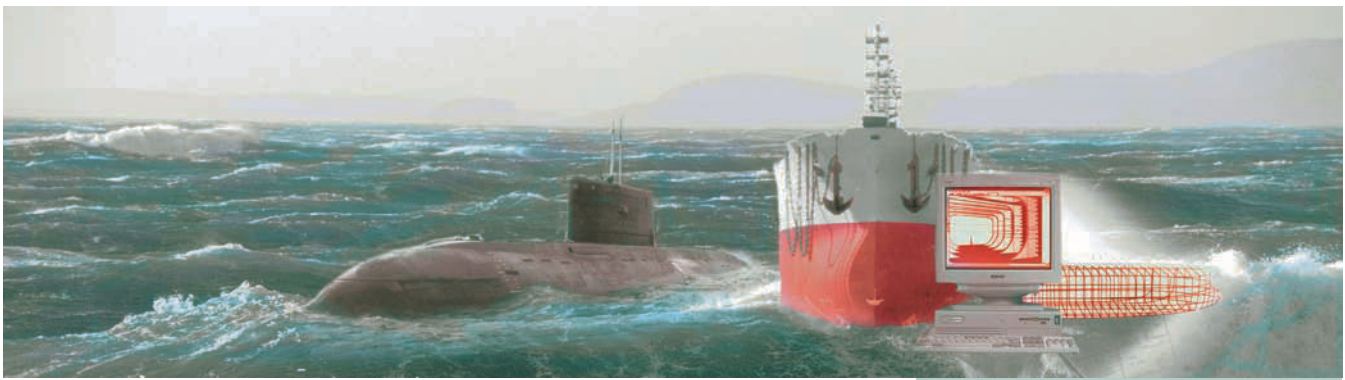
- V. I. Vershinin, B. Yu. Vasiliev, A. N. Bogdanov.** Options of dynamic braking
principles use in AC variable-frequency electric drives
of ship turbine applications 37
- A. G. Sotnikov, A. R. Petrushenko.** Reliability of current and voltage control
in devices of marine facilities 41
- A. V. Kuznetsov, A. Yu. Mazurenko.** Approaches to designing
of modern submersible accumulator battery of deep-diving vehicles 43
- A. N. Gavrilova, D. A. Skorokhodov.** Design research of a system
for cleaning and cooling of heat engine exhaust gases 47
- A. Z. Bagerman, R. A. Ivanov, V. N. Shitkov, I. P. Leonova, A. V. Konopatova.**
Design problems of marine gas-turbine engines of the next generation 50

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- O. R. Selivokhin, M. A. Ermolina, D. V. Pershin.** On the problem
of control of the final position of moving objects 55
- O. N. Muzychenko, V. A. Pegushin.** Helicopter flight automated control system
to equip air traffic control stations 61
- B. I. Marchenko, V. A. Mosunov.** Improvement of the testing
of anti-ship cruise missiles on the Feodosiya testing ground in modern conditions
using satellite navigation systems 65

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- I. V. Efimov, V. V. Kas'yanov.** On the issue of ship localization automation
and its accuracy evaluation 67



M. G. Chernyaev, V. G. Mikhlina, A. V. Smol'nikov. Analytical solution of dynamic equations of a maneuvering underwater object.....	73
V. V. Kobzev, D. K. Shilov. Simulator aboard a ship.....	79
N. M. Vikhrov, A. P. Nyrkov, Yu. F. Katorin, A. A. Shnurenko, A. V. Bashmakov, S. S. Sokolov, R. A. Nurdinov. Information risks analysis.....	81
N. A. Nesterov, S. A. Grunichev. Some test results for the KMLE-21300 multipath fathometer complex.....	87
O. A. Nesterets, N. V. Rudakov. Improvement of organizational and technical documentation for after-sales service of the Navy ships and vessels.....	89
A. F. Zen'kov, P. G. Brodskiy, V. P. Len'kov. On the issue of evaluation of the level of development of navigational hydrographic tools and technologies based on patent information.....	93
V. N. Ilyukhin. On the issue of improvement of the rescue of damaged submarine crews. Commemorating the 15 th anniversary of the wreck of «Kursk» nuclear submarine.....	97
S. A. Bakharev, L. M. Klyachko, A. V. Rogozhnikov, V. K. Smirnov. Low-temperature foodstuff dehumidification in sonic fields.....	103
M. A. Abdulatipov, V. K. Kalachev, I. K. Kuz'michev. Role and problems of winter navigation in the Volgo-Caspian Basin.....	107
«All the maritime and inland shipping specialties are on demand».....	109

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

E. A. Gorin, K. S. Chernov. Global shipbuilding in 2014 – course for green shipping. Part 2.....	113
National scientific and technical conference «Relevant development objectives of shipbuilding and shipping industry».....	117
The results of the International Maritime Defense Show 2015.....	118
The thirteenth international exhibition and conference Neva-2015, 22–25 of September, 2015, Saint-Petersburg (1)	

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

V. E. Yukhnin. O. F. Yakob – a creator of the first domestic missile ships.....	119
--	-----

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

Unveiling of academician A. N. Krylov monument in Cheboksary.....	124
---	-----

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

General meeting of the shipbuilder's association of Saint-Petersburg and Leningrad region and the shipbuilding workshop of the Marine Council of the Saint-Petersburg Government.....	125
Admiral V. P. Ivanov is 80 years old.....	126

IN THE MARITIME BOARD

The 42 nd Assembly of the Saint-Petersburg Marine Assembly.....	127
--	-----

Editor-in-Chief

E. A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

D. S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Editorial Collegium

Yu. V. Baglyuk, Ph. D.

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

V. N. Glebov, Ph. D.

E. A. Gorin, D. Sc.

E. V. Igoshin, Ph. D.

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

R. N. Karaev, Ph. D.

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

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

S. I. Logachev, D. Sc., Prof.

P. I. Maleev, D. Sc.

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

V. G. Nikiforov, D. Sc., Prof.

Yu. F. Podoplekin, D. Sc., Prof., member of the Academy

of Rocket and Artillery of Sciences of Russia

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

L. A. Promyslov, Ph. D.

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

A. V. Pustoshny, corresponding member

of the Academy of Sciences of Russia

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

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

A. A. Rusetzky, D. Sc., Prof.

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T. I. Ilyichiova

Design, imposition

S. A. Kirillov, V. L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya

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

Russian index of scientific citing.

By the decision of the Council of VAK the Morskoy

Vestnik magazine is entered on the list of the leading

scientific magazines and editions published in the

Russian Federation where basic scientific outcomes of

doctoral dissertations shall be published.

http://vak.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 № 1409.

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.

О предпосылках создания и о деятельности компании в разные периоды рассказывают один из основателей и руководителей КБ с 1997 по 2005 г. Е.В. Игошин (советник ректора СПбГМТУ) и нынешний руководитель компании И.В. Щербаков.

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОМУ БЮРО «ПЕТРОБАЛТ» 20 ЛЕТ

ООО «ПКБ «Петробалт»,
контакт. тел. (812) 327 7895

В конце 80-х – начале 90-х гг. значительно снизилась загрузка Балтийского завода по военному судостроению и по строительству ледоколов. С целью его загрузки был заключен контракт на строительство серии химических танкеров для немецкой компании «Ahrenkiel». Судовладельцем была очень высоко оценена квалификация балтийских судостроителей, и обе стороны не имели никаких сомнений, что данный проект будет реализован в требуемые сроки и с наивысшим качеством. Было принято совместное решение завода и судовладельца о привлечении норвежской компании к разработке классификационного проекта, а лодготовка рабочей конструкторской документации стала сферой ответственности завода. Директором Балтийского завода В.Н. Шершневым было принято решение о привлечении к этой работе Северного проектно-конструкторского бюро и о создании конструкторско-технологического отдела при заводе для выполнения части проекта, координации работ и согласования документации с заказчиком и службами предприятия. Конструкторско-технологический отдел, который возглавил Н.Г. Бедрик, стал развиваться и выполнил значительную часть проектных работ для проекта химических танкеров, а также для балкера пр. 93104. В этот период впервые в России была внедрена система автоматизированного проектирования корпусных конструкций AUTOKON, а также впервые начался выпуск рабочей конструкторской документации на персональных компьютерах. Позже, в 1994 г., была также внедрена система FORAN для разработки документации по всем специализациям.

В 1995 г. директором Балтийского завода О.Б. Шуляковским было принято решение о выделении конструкторско-технологического отдела в отдельную проектную организацию для выполнения проектов гражданских судов в соответствии с мировой практикой проектирования как для нужд Балтийского завода, так и для российского рынка коммерческих судов. Следуя этому решению, 1 июня 1995 г. АО «Балтийский завод» совместно с АО «Специальная конструкторское бюро котлостроения» учредили ООО ПКБ «Петробалт».

На тот момент отсутствовали какие-либо руководящие документы для

организации такого рода ПКБ, а также опыт работы на рынке проектных услуг, и вскоре деятельность компании была сведена к минимуму, а специалисты переведены обратно в штат Балтийского завода для работы только по проектам судов, строящихся на заводе.

В 1997 г. было назначено новое руководство ПКБ и привлечены к работе несколько инженеров, имеющих опыт работы в зарубежных компаниях. Деятельность бюро началась практически с нуля, хотя идея была заложена в начале 90-х гг. и определенный опыт был уже накоплен.

Новым руководством ПКБ «Петробалт» была принята новая стратегия планирования и организации работ, которые сводилась к следующему:

- бюро должно ориентироваться на работу как на российском, так и на зарубежном рынках;
- бюро должно изучать и применять лучший опыт зарубежных и российских КБ;
- разрабатываемая проектная документация должна максимально соответствовать техническим требованиям заказчика;
- в работе полностью исключается ручной выпуск документации и дальнейшая обработка информации;
- организация работ и компетенция специалистов должны быть эффективны как при выполнении целых проектов, так и отдельных частей, в кооперации с другими проектантами;
- организация работ и подготовка кадров должна базироваться на максимальное использование технологий автоматизированного проектирования;
- постоянное повышение квалификации, применение самых современных средств и технологий проектирования, а также проектных решений являются основной задачей и для руководства и для сотрудников компании.

Время показало, что такая стратегия верна и остается в силе поныне.

Сегодня основными видами деятельности компании являются разработка технических и рабочих проектов судов различного назначения и для российских, и для зарубежных заказчиков, а также научно-исследовательские и опытно-конструкторские

разработки в области судостроения.

В числе заказчиков и партнеров бюро – более 40 российских и зарубежных компаний. Это судовладельцы, верфи, проектные и научные организации. Бюро участвовало в более чем 60 проектах, по которым построено почти 200 судов.

Среди проектов, в разработке которых участвовало бюро, проекты таких судов, как нефтеналивные танкеры, химические танкеры, танкеры для перевозки жидкой серы, контейнеровозы, ледоколы, буксиры-кантовщики и буксиры-спасатели, патрульные суда, рыбопромысловые суда, грузопассажирские суда типа «ро-ро», пассажирские суда, яхты, баржи и понтоны.

В разрабатываемых проектах учитывается опыт эксплуатации судов в российских и зарубежных компаниях. Проектируемые суда отвечают самым высоким требованиям современности.

Бюро сертифицировано Российским морским регистром судоходства и Российским речным регистром. Система управления качеством признана и подтверждена международными сертификатами ISO.

ПКБ «Петробалт» оснащено самыми современными средствами проектирования, в том числе специализированными системами проектирования судов NAPA, NUPAS CADMATIC и AVEVA, что позволяет автоматизировать процесс проектирования до очень высокого уровня.

В нашей компании работают высококвалифицированные специалисты всех судостроительных специализаций. Бюро тесно сотрудничает с разными университетами в научных исследованиях и научно-технических разработках, а также в подготовке инженерных кадров. Ведущие специалисты компании читают лекции и проводят семинары для студентов в университетах, руководят курсовыми и дипломными работами, определяют программы практики и стажировки студентов в компании. Часть сотрудников продолжают свое обучение в аспирантурах и ведут свои исследования в рамках разрабатываемых компанией проектов и исследовательских программ университетов.

Мы гордимся накопленным опытом и стремимся к успешной реализации новых проектов сегодня и в будущем. ■

Конкурентоспособность современного судостроения характеризуется тремя основными показателями: сроком строительства, стоимостью и качеством готового судна. Достижение высокого уровня этих показателей зависит в равной степени от проектанта и от верфи-строителя.

Традиционно проектирование и строительство рассматривались как отдельные последовательные процессы, и все работы на верфи начинались только после завершения проектных работ или, по крайней мере, значительной их части. Простая арифметика показывает, что срок от заключения контракта до завершения строительства будет суммой периода проектирования и периода строительства. Если к периоду строительства добавить время на техническую подготовку производства, а также время на закупки и поставки материалов, оборудования и комплектующих, то срок поставки судна заказчику становится явно неконкурентным предложениям от передовых зарубежных судостроителей.

Стоимость судна складывается из двух основных составляющих:

- стоимости материалов, оборудования и комплектующих;
- затрат верфи и ее контрагентов на строительство.

На величину каждой из этих составляющих влияют как технические решения, принятые проектантом, так и организация закупок и работ завода-строителя. Невозможно построить конкурентное по цене судно, если в проекте заложены дорогостоящие технические решения, дорогие материалы, комплектующие и оборудование, а также если реализация проектных решений требует применения дорогостоящих технологий. Также невозможно построить конкурентное судно, если не оптимизированы процессы закупки и неэффективно организовано строительство.

Качество построенного судна определенно зависит от принятых проектантом технических решений, качества выбранных материалов, комплектующих и оборудования, а также от качества выполненных сборочных и монтажных работ.

На протяжении многих лет проектанты и заводы-строители ищут пути оптимального взаимодействия для достижения совместного успеха, и, как показывает опыт, успех может быть достигнут только совместными усилиями.

Судостроение является производством с очень сложной структурой продукции и сложными технологическими процессами. Проектно-конструкторская документация на судно содержит тысячи документов, которые отражают лишь состав этой продукции.

Также значительны по объему технологическая документация, которая является производной от конструкторской, и

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЗАКУПКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО СУДОВ КАК ЕДИНЫЙ ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС

*И.В. Щербаков, ген. директор ООО «ПКБ «Петробалт»,
А.С. Соловьев, ген. директор ОАО «Выборгский судостроительный завод»,
контакт. тел. (812) 327 7895*

документация для планирования и управления производством, производная от обеих предыдущих.

Вся документация содержит огромный объем данных по оборудованию, комплектующим, узлам, деталям, материалам, технологическим процессам и процедурам и представляет собой массив из сотни тысяч позиций, динамически изменяющихся в процессе строительства судна. Для эффективного управления затратами и процессом строительством судна вся эта информация должна быть всегда доступной, достоверной и актуальной. Обеспечение таких условий в настоящее время возможно только при использовании компьютерных технологий и выпуске конструкторской документации в электронном виде.

Современные средства проектирования позволяют получать на выходе не только проектную документацию в виде чертежей и спецификаций, но и достаточно большой массив информации, который может и должен быть использован для технологической подготовки производства, а также для управления затратами и производственными процессами. Современные средства коммуникаций позволяют и передачу данных любых объемов в кратчайшие сроки и даже совместную работу проектанта и служб завода-строителя в едином информационном пространстве.

Уже достаточно давно проектанты стали передавать на верфь не только проектно-конструкторскую документацию, но и транспортные массивы разного объема и содержания в виде файлов баз данных или в других видах. Дальнейшая эффективность обработки таких данных во многом зависит от качества данных в транспортных массивах, их полноты и однозначности. Транспортные массивы, требующие дополнительной обработки или доработки данных до загрузки в информационную систему верфи, имеют очень низкую эффективность использования. Такая процедура загрузки данных имеет смысл только для начального ввода информации в базу данных верфи и практически неэффективна при внесении изменений в конструкторскую документацию и, соответственно, в информационную среду завода. Ручная корректировка информации, связанная с изменениями в проекте, трудоемка, а вероятность ошибок высока.

Передача информации проектанта верфи наиболее эффективна, когда проектирование ведется в единой модели, общей для проектанта и верфи, когда вся информация генерируется из модели и информация однозначна и актуальна в любой момент времени. Любые изменения в проекте при их реализации в модели автоматически меняют данные в информационной среде завода, создавая вероятность выделения измененных, аннулированных или добавленных позиций.

Работа с достоверной и своевременной информацией позволяет верфи эффективно планировать закупки и загрузку производственных мощностей, что в результате сокращает сроки и стоимость строительства, однако для этого необходимо внести также изменения в деятельность подразделений верфи, в процессы закупок, технологической подготовки и управления производством.

Наибольший эффект в оптимизации затрат и сроков строительства можно достичь тогда, когда принимаемые проектантом технические решения вписываются в принятые организационные и технологические ограничения и предпочтения верфи. Для этого верфь должна снабдить проектанта информацией обо всех технологических преимуществах и ограничениях, принятой стратегии строительства и применяемых типовых технологиях, ограничительных и предпочтительных перечнях материалов и комплектующих, привилегированных поставщиках. Применение в проекте типовых технических решений, максимально адаптированных к применению отработанных типовых технологий, обеспечит максимальный уровень качества работ верфи. Все ограничительные и предпочтительные перечни, стратегия строительства и типовые технологии должны быть отражены в стандартах предприятия или в отраслевых стандартах.

Современный уровень развития технических средств и технологий, а также систем проектирования и управления производством позволяют организовать процессы проектирования, комплектации и строительства судов в единый интегрированный процесс, вышеназванные преимущества которого повышают уровень конкурентоспособности коммерческого судостроения. ■

ОАО «КБ «Вымпел», получившее статус самостоятельной организации в 1930 г., одно из старейших проектно-конструкторских бюро России, празднует свой 85-летний юбилей. Продолжая серию статей о бюро, в этом номере журнала расскажем о вкладе конструкторов «Вымпела» в гражданское судостроение.

В начальный период деятельности по проектам бюро строились речные колесные и винтовые буксирные пароходы (буксиры-плотоводы), несамоходные и самоходные речные и морские баржи, товаро-пассажирские и сухогрузные теплоходы. Деятельность КБ в предвоенные годы и во время Великой Отечественной войны отражена в предыдущей статье («Морской вестник», 2015, № 2, с. 6).

По окончании войны наряду с проектированием вспомогательных судов ВМФ КБ вновь широко развернуло разработку речных и морских транспортных судов. Основными направлениями деятельности КБ «Вымпел» стали работы по судам, рассмотренным ниже.

СУХОГРУЗНЫЕ И НЕФТЕНАЛИВНЫЕ ТЕПЛОХОДЫ

Появление в 50–60-е гг. искусственных морей – водохранилищ, изменивших условия плавания, сделало необходимым строительство судов принципиально новых типов. Началось интенсивное развитие речного флота. По разработанной КБ «Вымпел» документации были построены самые крупные на то время в мире речные грузовые теплоходы типа «Волго-Дон» для Волжско-Камского бассейна, сотни буксиров-толкатей мощностью 400, 590 и 880 кВт, а также большие серии барж и крупнотоннажных секционных составов для толкания. Водный путь, соединивший Азовское, Балтийское, Белое, Каспийское и Черное моря, открыл большие возможности для увеличения грузооборота и перевозок грузов в смешанном плавании по реке и морю без перевалки в устьевых портах. Первый мелкосидящий танкер типа «Олег Кошевой» был построен по проекту КБ в 1954 г. За ним последовали серии судов, которые успешно эксплуатировались Каспийским пароходством более 20 лет. Помимо танкеров были созданы мелкосидящие сухогрузы: в 1959 г. хлопколесовоз «Инженер Белов», в 1966 г. теплоход «Кишинев» дедвейтом 4150 т для Дунайского пароходства, в 1972 г. «Советская Якутия» для Северо-Восточного управления морского флота. Вслед за головными строились большие серии судов по этим проектам.



Грузовой теплоход «Волго-Дон 5001» пр. 1565

Дальнейшим развитием и совершенствованием мелкосидящих сухогрузных судов явились контейнеровозы-пакетовозы типа «Василий Шукшин» (головное судно построено в 1977 г.). На его базе в 1983 г. построено головное судно «Виталий Дьяконов» аналогичного назначения для эксплуатации в Восточно-Сибирском море и море Лаптевых, суда этого типа эксплуатировались в условиях Сахалинского, Камчатского и Дальневосточного морских пароходств.

В 1971 г. был спроектирован, а в 1972 г. построен и сдан головной сухогрузный теплоход река-море плавания пр. 1743

КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ВЫМПЕЛ»: 85 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ГРАЖДАНСКОГО ФЛОТА

В.В. Шаталов, ген. директор,
Р.М. Бегиев, зам. директора, ОАО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 439 6706

«Якутск» для рек Сибири и Дальнего Востока. Суда этой серии строились до 1982 г., всего построено их было более 100 ед.

В конце 80-х гг. были разработаны проекты судов смешанного плавания пр.16510 и пр.16530 для доставки грузов в большинство портов Европы, Африканского побережья Средиземного моря, порты Англии.



Судно смешанного плавания типа «Русич» пр. 00101

Танкерная тематика продолжилась и после 90-х гг. Это и спроектированный под требования Германского Ллойда танкер «Колибри» дедвейтом 5200 т, и серия танкеров по заказу НМСК «Казмортрансфлот» дедвейтом 12000 т на Выборгском ССЗ. Это и танкеры различного дедвейта, строившиеся на ССЗ «Красные Баррикады» г. Астрахань, на «Окской судовой верфи» г. Навашино. Самыми последними разработками КБ в этой области стали танкер пр.00211 дедвейтом 3100 т. Постройка двух единиц ведется в Находке, бункеровщик пр.00213 строится на Красноярском ССЗ.

Тяжелая ситуация в пароходствах России в 90-е гг. заставила активизировать поиск заказчиков среди западных судовладельцев. Исследование рыночного спроса с участием «Судоэкспорта» выявило потребность в относительно небольших экономичных многоцелевых судах, навалочных и контейнеровозах. Результатом стали суда пр.00221, спроектированные на класс Германского Ллойда, для постройки на заводах в Навашино и Астрахани.

В рамках программы расширения перевозок на Балтике по заказу ОАО «Северо-Западный флот» разработан проект морского сухогрузного теплохода дедвейтом 5400 т «Валдай», серия из четырех единиц построена на ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь». Развитием проекта «Валдай» стало судно пр. «Русич» с улучшенными гидродинамическими качествами. Суда этого проекта строились одновременно на «Северной верфи», «Красном Сормове», «Окской судовой верфи» и «Зеленодольском ССЗ им. Горького».

По Федеральной целевой программе «Развитие гражданской морской техники 2009–2016 гг.» в 2014 г. был разработан технический проект лесовоза-пакетовоза нового поколения дедвейтом 12000 т.

БУКСИРНЫЙ И НЕСАМОХОДНЫЙ ФЛОТ

По проектам КБ «Вымпел» построены сотни буксиров различной мощности, большие серии речных сухогрузных и наливных барж грузоподъемностью 3000 и 6000 т и крупнотоннажных секционных составов. Широкое внедрение

на речном флоте вождения несамходных барж методом толкания сопровождалось созданием автоматических сцепных устройств и эффективных движительно-рулевых комплексов.

Баржи нового типа с упрощенными технологичными обводами – баржи-площадки пр.16801 в большом количестве строили, начиная с 1980 г. на судозаводах «Залив», «Океан» и Херсонском ССЗ.

Бурное развитие в 70-х – 80-х гг. перевозок по мелководным рекам Сибири и Дальнего Востока потребовало строительства буксиров-толкачей с ограниченной осадкой. Наиболее массовым стал пр. 1741 мощностью 600 л.с. За 20 лет с 1972 г. построено около 300 единиц. В связи с началом освоения Обской губы в производство запущены буксиры пр.07521 класса «М-Пр» Речного Регистра. С 1986 г. их было построено на заводе «Кама» более 30 ед.

В последние годы КБ разработало проекты морских буксиров: рейдового пр.7056 и морских 745МБ, 745МБС, 22030. Они были построены и переданы заказчику в 2010–2014 гг. Кроме свойственных задач эти буксиры выполняют и аварийно-спасательные операции.

СУДА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

В начале 60-х гг. в КБ были развернуты экспериментальные и проектно-конструкторские работы по судам на воздушной подушке со скегами (СВПс). С 1970 г. серия теплоходов «Зарница» пассажироместимостью 48 чел. составила около 140 ед. В 1983 г. начат выпуск судов типа «Луч» на 57 пассажиров – это второе поколение СВПс. За ними последовали суда типа «Орион», «Баргузин» и «Альгаир», эксплуатировавшиеся на озере Байкал, морской СВПс «Чайка».

Не оставил без внимания эту тематику и ВМФ. В 1975 г. был разработан проект десантного корабля на воздушной подушке «Тур». Однако впоследствии все наработки по военной тематике и результаты натурных испытаний решением Министерства судостроительной промышленности были переданы в Зеленодольское ПКБ.

Всего по проектам бюро было построено и передано заказчикам более 200 различных судов на воздушной подушке.



Десантный корабль на воздушной подушке «Тур»

ПАРОМЫ И СУДА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

На протяжении всей своей истории КБ «Вымпел» проектирует железнодорожные и автомобильно-пассажирские паромы.

Начиналась работа в 30-е гг. с железнодорожных паромов на Амуре. В 50-е гг. была создана серия морских железнодорожных паромов для Керченской переправы, обновлением проектов на этом направлении КБ занималось до конца 90-х гг. Есть и новые предложения.

Заметная страница в истории отечественного паромостроения вписана созданием Каспийской и Сахалинской морских паромных переправ. Для линии Баку–Красноводск по проекту КБ на заводе «Красное Сормово» построено пять морских железнодорожных паромов типа «Советский Азербайджан».

Сахалинская паромная переправа вступила в строй в 1973 г. и обслуживалась ледокольными паромами типа «Сахалин». По проекту КБ на заводе «Янтарь» в Калининграде их было построено 10 ед.

«Вымпел» разрабатывал эскизные проекты паромов типа «Клайпеда» и «Герои Шипки» для международных паромных комплексов СССР–ГДР и СССР–НРБ.

В 90-е и 2000-е гг. КБ как соисполнитель финских проектных организаций участвовало в создании океанских круизных судов и паромов.

Специалистами КБ в 2009 г. был разработан технический пр. 00650 парома для круглогодичной эксплуатации на линии Усть-Луга–Балтийск–порты Германии.



Паром пр. 00650

Силами единственного в стране специализированного отдела КБ «Вымпел» в дополнение к созданию специальных понтонных парков были разработаны десятки проектов наплавных мостов и понтонных переправ для рек Центральной России, Дальнего Востока и Сибири.

Для поездок высшего руководства страны КБ «Вымпел» разработало, а СЗ «Северная верфь» в 1972 г. построил пассажирское судно «Россия». В связи с изменением требований по оснащению и обустройству этого судна был разработан ряд проектов по его модернизации, последний реализован в 2009 г.

СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТЫ КБ

Последние 10–15 лет КБ «Вымпел» последовательно реализует программу перехода в сектор проектирования сложных судов, оснащенных различным специальным оборудованием, имеющих высокую энерговооруженность, реализовывающих, как правило, принцип электродвижения, с современными эффективными движительными комплексами.

К таким судам в полной мере относятся суда для обеспечения работ на морском шельфе, научно-исследовательские суда, комплексные рыбопромысловые суда, суда арктического плавания и ледоколы.

В 2011 г. по договору с Минпромторгом разработан проект научно-исследовательского судна для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований в Антарктике (НИС-АР).

В 2012 г. по договору с ПСЗ «Янтарь» создан проект большого морозильного рыболовного траулера (пр.00730).



Большой морозильный рыболовный траулер пр. 00730

Продолжая активно работать по ФЦП «Развитие гражданской морской техники», «Вымпел» в 2014 г. выполнил проекты

научно-исследовательского ледокола для комплексных геофизических исследований (пр. 00902), универсального мелкосидящего судна снабжения ледового плавания (пр.00801), арктического ледокольного судна снабжения (пр.00801.1), в 2013 г. был разработан пр.00703 передаточного дока для выполнения технологических работ на нефтегазовых месторождениях.



Арктический ледокол – судно снабжения пр. 00801.1

В 2015 г. ведется активная работа с НМСК «Казмортрансфлот» по созданию мелкосидящего судна-снабженца пр.00802.

Особо следует упомянуть работу КБ по ледокольной тематике. Более подробно об этом сказано в статье «Вымпел» в борьбе с ледокольной паузой» («Морской вестник», 2015, № 1(53)).

КБ разработало технорабочий проект и последующую документацию ледокола пр. 21900М для «Выборгского ССЗ», который строит три судна, одно из которых разместил на верфи «Объединенной судостроительной корпорации» «Arctech» в Хельсинки. В текущем году головной ледокол должен быть передан заказчику – ФГУП «Росморпорт».

Именно опыт работы над ледоколом пр. 21900М позволил КБ взяться за следующий, еще более технически сложный проект линейного многофункционального дизель-электрического ледокола пр. 22600, который строится на ОАО «Балтийский завод – судостроение». «Вымпел» подключился к работе как разработчик документации судна в пост-

ройке и также готовит РКД по трем строительным районам. Работа по пр.22600 – новый этап в развитии ледокольной тематики для КБ.



Дизель-электрический ледокол пр. 22600

Основываясь на опыте проектирования двух современных ледоколов, КБ «Вымпел» в 2014 г. разработало и успешно защитило у заказчика проект дизель-электрического ледокола пр. 21180, который стал первой 100%-ной разработкой ледокола силами бюро. Ледокол, названный «Илья Муромец», заложен на ОАО «Адмиралтейские верфи», ведется его активное строительство.

Сегодня в бюро трудится около 400 специалистов, вооруженных самыми современными методиками автоматизированного проектирования (Tribon, Aveva Marine, Nupras Cadmatic), имеет возможность проверять свои решения в собственном 50-метровом гидродинамическом бассейне. Взаимодействуя с основными судостроительными предприятиями по всей стране, ведущими научными центрами и с заказчиками, конструкторы чувствуют нерв отрасли, потребности заводов, пожелания рынка.

Вся история КБ подтверждает приверженность сотрудников к инновациям, преданность делу, стойкость в трудных ситуациях, умение довести начатое дело до положительного результата. 85-летие «КБ «Вымпел» – подтверждение этого. ■

ВВЕДЕНИЕ

Классический танкер – это узкоспециализированное судно, всегда привязанное к конкретной линии поставок нефти и работающее в челночном режиме, выполняя транспортные операции от пункта загрузки до места назначения и возвращаясь в обратном рейсе в балластном состоянии. Это один из самых простых типов транспортных судов как по своей конструкции, так и по оборудованию. Его часто уподобляют «плавающей консервной банке».

Нефть как объект транспортировки, составляя в общем объеме морских грузопотоков от 30 до 40%, при ее аварийном попадании в водную среду, относится к категории самых вредных и опасных веществ для экологии, что заставляет мировое сообщество все более и более ужесточать требования к безопасности ее транспортировки. В связи с последним обстоятельством, в свою очередь, приходится конструктивно и компоновочно усложнять танкер, регламентируя, в частности, обязательную установку двойных бортов, выделение специальных отстойных и чисто балластных танков, лимитируя объемы танков с целью ограничения количества нефти, выливающейся в воду при авариях.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И ПРОЕКТНЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТАНКЕРОВ

ЧАСТЬ 1

Г. Ф. Демешко, д-р техн. наук, проф.,
С. Н. Рюмин, канд. техн. наук, доцент, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 713 7136

Особенно заметное влияние на конструкцию и оборудование танкеров оказало внедрение новых правил МАКО (IACS Common structure rules – CSR) [1]. Естественно, что эти обстоятельства, будучи непреодолимыми, приводят к росту строительной стоимости танкеров, заставляя искать пути снижения их эксплуатационных затрат, особенно в условиях роста стоимости судового топлива.

Можно констатировать, что все вышперечисленное объясняет тот факт, что танкеры относятся к наиболее заформализованному типу судов по нормированию всех аспектов их жизненного цикла и условий эксплуатации.

СОВРЕМЕННЫЙ ТАНКЕРНЫЙ ФЛОТ МИРА

Мировой танкерный флот на начало 2013 г. без учета химовозов и LNG-танкеров, по данным [2], в совокупности составляет 425,7 млн т дедвейта и, насчитывая 6619 судов (всего в мире 48 742 торговых судна всех назначений), имеет устойчивую тенденцию к росту (рис. 1) с небольшими замедлениями в периоды экономических кризисов. Прирост объемов перевозок сырой нефти в последнее десятилетие в целом составил около 4% [3]. В 2012 г. в эксплуатацию сдано 145 танкеров для сырой нефти общим тоннажем 4,73 млн cgt (компенсированных регистровых тонн), что составило ок. 10% от прироста общего регистрового тоннажа мирового флота. Количество заказанных танкеров названного типа также на конец 2012 г насчитывало 186 ед. общим регистровым тоннажем 6174 млн cgt (7% тоннажа заказанных судов всех назначений). Из этого количества 5,9 млн cgt приходится на верфи Китая (2,914 млн cgt), Ю. Кореи (2,235 млн cgt), Японии (0,353 млн cgt) и Бразилии (0,4 млн cgt). На конец 2012 г. на китайское судостроение приходилось 41,1% от мирового объема (по всем типам гражданских судов).

Тенденции роста потребности в танкерах не препятствует даже неуклонный рост цен на нефть – с 10 долл. за баррель в 1999 г. к 140 долл. за баррель в 2009 г. [4]. Очевидно, что рост цен на нефть приводит к росту цен на топливо для судов, и это заставляет искать технические методы снижения расхода топлива и повышения эффективности судов.

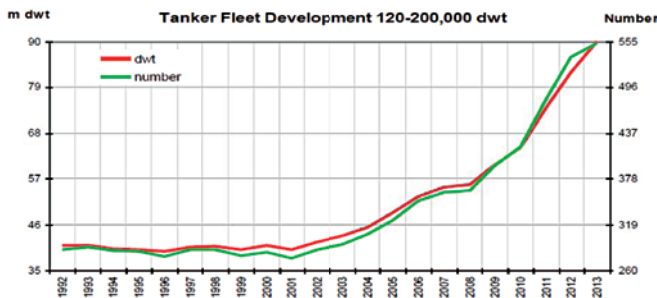


Рис. 1. Рост мирового танкерного флота [4]

Цены на новые танкеры сильно зависят от мировой экономической конъюнктуры. По заявлениям экономистов [5], нефть превратилась из простого товара в экономический инструмент, используемый в политике и биржевых играх, что затрудняет прогнозирование цен на суда и доходов от их эксплуатации. В результате этих «игр» танкеры то простаивают месяцами, то наблюдается возврат в эксплуатацию судов, которые были предназначены для разборки на металлолом. Цена нефти – первый «драйвер» цен на танкеры. Вторым является объем мировой добычи, при падении которого и при любом росте цен на нефть будет снижаться необходимость в новых танкерах, а следовательно, будет снижаться и цена таких судов.

По данным [6], мировые объемы добычи нефти имели пик в 2012 г., после чего до 2014 г. наблюдалось их постепенное падение, что может сказаться на потребности в новых танкерах уже в 2015–2017 гг.

Тенденции изменения мировых цен на танкеры различных размерных групп приведены на рис. 2.

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРЕНИЙ, ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ И КОМПОНОВКИ СОВРЕМЕННЫХ ТАНКЕРОВ

В силу привязки танкеров к конкретным линиям поставок нефти танкеры, исходя из объемов перевозки, условий эксплуатации и навигационных ограничений, давно стали

относить к той или иной размерной группе, которые имеют достаточно узкие рамки, в первую очередь, в отношении их размерений и транспортных показателей, как это видно из табл. 1.

Применяются и другие системы классификации танкеров, к примеру, на основе средней фрахтовой ставки AFRA: MR (Medium Range) – среднетоннажные танкеры (25 000 – 44 999 DWT), LR1 (Large range 1) – 45 000 – 79 999 DWT; LR2 (Large range 2) – 80 000 – 159 999 DWT и др.

Межконтинентальные рейсы (Евразия – Америка и др.) обслуживаются танкерами типа VLCC и Suezmax, которые имеют наибольшую вместимость и экономичность (на тонну перевозимого груза). Суда типа Panamax широко используются на рейсах, предполагающих проход через Панамский канал.

Таблица 1

Основные размерные группы танкеров

Тип танкера	Главные размерения			Дедвейт, тыс. т
	длина судна, м	ширина, м	осадка, м	
Small				До 10
HandySize			До 10	10–30
Handymax	Ок. 180			30–65
Panamax	289,56	До 32,31	До 12,04	60–75
Aframax		41–44		80–120
Suezmax	Ок. 275 ¹	50–70 ²	До 21,3	125–170
VLCC	Более 300			250–320
ULCC				Более 320

Примечания: 1 – допускается до 500 м; 2 – произведение величин осадки и ширины ($T \times B$) не должно превышать 820 м².

Танкеры типа Aframax очень распространены, так как обслуживают и средние, и длинные рейсы: Северная Америка–Европа, Ближний Восток–Европа и другие европейские перевозки.

Вывалившийся после кризиса 2008–2009 гг. избыток тоннажа танкерного флота привел к снижению на 36–37% фрахтовых ставок на танкеры типов VLCC и Suezmax. Это же привело и к изменению мировых цен непосредственно на танкеры различных размерных групп (см. рис. 2).

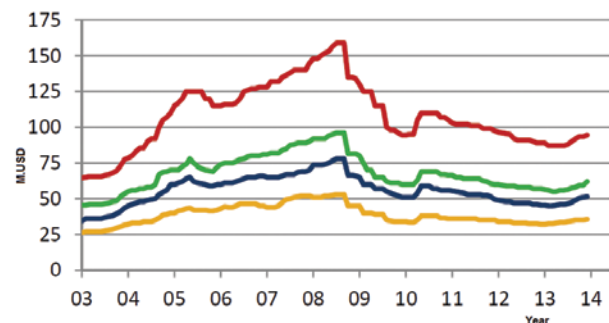


Рис. 2. Изменение во времени мировых цен на новые танкеры [7]

— VLCC; — Suezmax; — Aframax; — MR Clean

В [8] приводится количественное соотношение групп крупнотоннажных танкеров (рис. 3, а). По совокупному дедвейту безусловными лидерами являются VLCC – на них приходится более 50% мирового дедвейта (рис. 3, б).

На рис. 4 показана зависимость между длиной и дедвейтом танкеров, дополнительно иллюстрирующая распределение танкеров по размерным группам (выполнено по материалам [9]).

Аналогичные зависимости могут быть предложены и для нахождения их ширины и осадки в функции от расчетной длины (рис. 5).

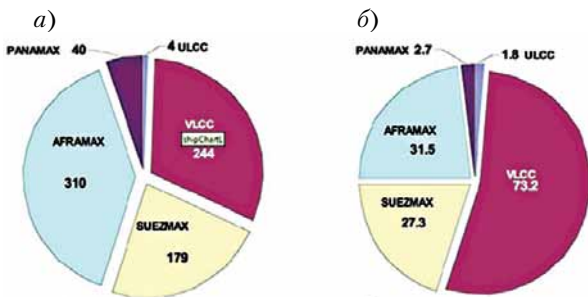


Рис. 3. Соотношение численного состава и вместимости судов разных размерных групп в мировом танкерном флоте [8]: а – Number of Ships: 777; б – Capacity (Million DWT: 136,5)

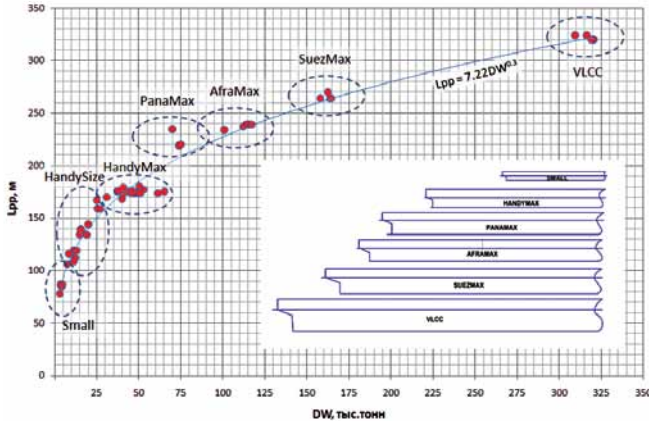


Рис. 4. Взаимосвязь длины судна и дедвейта для размерных групп танкеров

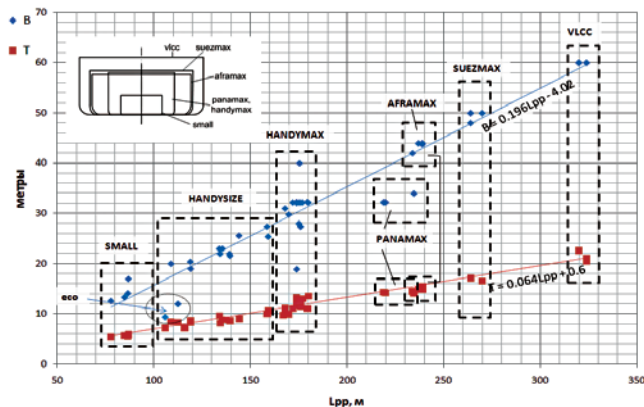


Рис. 5. Взаимозависимость длины, ширины и осадки для размерных групп танкеров

Результатом эволюции соотношений главных размерений и характеристик формы танкеров, имевшей место последние 50–60 лет [10], стало увеличение полноты обводов и снижение отношения длины к ширине до практически граничных значений, при которых по соображениям оптимизации показателей ходкости затраты на топливо остаются на приемлемом уровне, без необходимости снижения скорости хода менее 14–15 уз ($L_{pp}/B = 5,5–6,5$).

Коэффициент общей полноты крупных транспортных судов (Suezmax, VLCC) имеет самые высокие значения – 0,82–0,88, что связано со стремлением снизить долю доминирующего вязкостного сопротивления за счет снижения смоченной поверхности. Танкерам типов Small, Handymax, HandySize придают обводы с меньшим коэффициентом общей полноты (0,73–0,80) или снижают скорости хода до 10–12 уз, чтобы добиться снижения эксплуатационных затрат на топливо. Характерные скорости хода, числа Фруда и значения коэффициентов общей полноты различных групп современных танкеров приведены на рис. 6.

Коэффициенты общей полноты судов, размерения которых ограничены размерами шлюзовых камер в каналах

(Panamax, Suezmax), принимаются обычно не менее 0,82–0,85. Это продиктовано необходимостью обеспечить наибольшую возможную вместимость при выполнении ограничений по длине, ширине и осадке судна.

Отдельно позиционируются танкеры, которым присвоены индексы «Есо», «Green», «Energy saving». Эта группа пока немногочисленна, однако тенденции роста стоимости топлива, а также ужесточение экологических требований способствуют повышению интереса к судам с низкими расходом топлива и выбросами токсичных отходов в атмосферу. В частности, это достигается увеличением длины судна и уменьшением ширины (см. рис. 5 – суда с пометкой «Есо»). Отношение L_{pp}/B таких судов достигает значений 9–11 (к примеру, суда типа «Global Sea», КНР, 2010 или «Dante А», Испания, 2008), что обусловлено относительно более высокой долей сопротивления волнообразования при скоростях и размерениях, соответствующих числам $Fr_L = 0,20–0,22$.

На рис. 6 показаны также наиболее часто применяемые формы носовой оконечности для танкеров, принадлежащих к разным размерным группам. Видно, что по мере увеличения размеров танкеров и особенно их ширины при всегда имеющем место ограничении максимальной осадки бульб в носу как бы вырождается и у супертанкеров размерных групп VLCC и особенно ULCC он заменяется так называемыми цилиндрическими обводами. Выбор формы носовой оконечности и описывающих эту форму параметров – задача многокритериальной оптимизации, результаты которой проверяются трудоемкими численными экспериментами и модельными испытаниями [11].

Проектирование относительно крупного танкера сегодня в большинстве случаев не включает в себя классический процесс обоснования главных размерений, параметров формы судовой поверхности и компоновки. Принято, что на стадии решения внешней задачи проектирования танкера при анализе маршрутов его будущей эксплуатации устанавливается размерная группа, к которой он будет отнесен. Для каждой такой группы размерения, параметры формы, пропульсивные характеристики и архитектурно-конструктивный тип судна этой группы исключительно типизированы и обоснованы [12].

Жесткие требования к танкерам диктуются нормативными документами IMO (в частности, Конвенциями MARPOL и SOLAS), Правилами классификационных обществ, а также региональными требованиями местных администраций. Эти требования в наибольшей степени касаются конструктивных особенностей и оборудования танкеров. Таким образом, разработка проекта танкера, в значительной степени, основана на учете строгих ограничений и использовании стандартных решений.

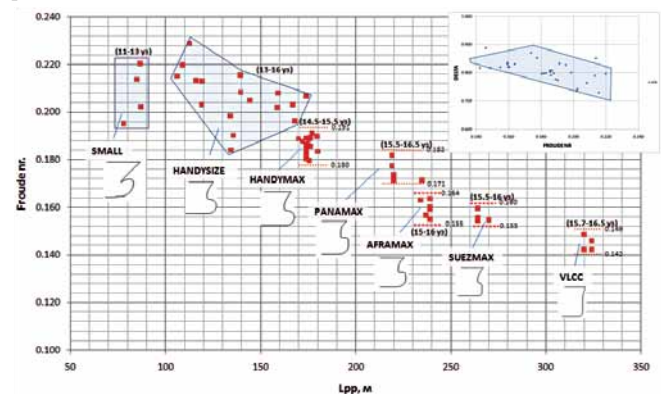


Рис. 6. Скорости хода, числа Фруда и коэффициенты общей полноты современных танкеров

РАЗМЕРЫ И КОМПОНОВКА ОТСЕКОВ, ВМЕСТИМОСТЬ

Большинство танкеров, эксплуатируемых и строящихся в настоящее время – это однопалубные суда с кормовым расположением машинного отделения и надстройки, двойными

бортами и двойным дном в грузовой части и в районе расположения насосного отделения и топливных цистерн.

Важнейшим нормативным документом, определяющим специфику архитектурно-конструктивного типа танкеров, является Конвенция MARPOL (Annex I regulations 13F and 13G), в которой содержатся требования по предотвращению и количественному ограничению вылива нефти при аварийных ситуациях с судном. Главным критерием соответствия судна требованиям вышеприведенных документов является количественный показатель загрязнения окружающей среды в случае аварии – Oil Outflow Index (индекс вылива нефти), метод расчета которого приведен в Regulation 23 MARPOL [13].

Количество поперечных грузовых переборок и отсеков современных танкеров практически не зависит от размеров судна (рис. 7). Основным фактором, влияющим на выбор количества танков, является тип и количество сортов перевозимого груза.

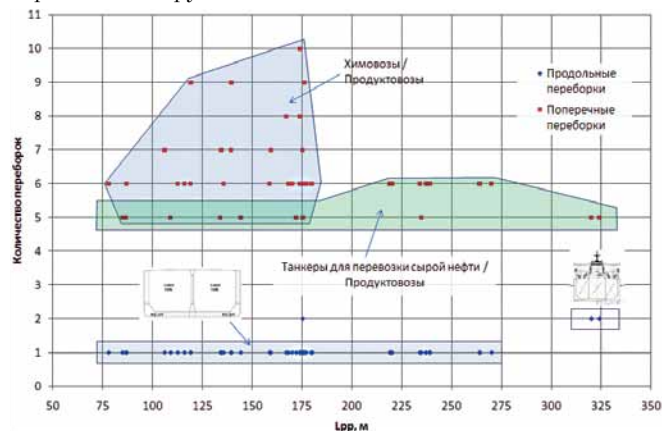


Рис. 7. Количество продольных и поперечных переборок танкеров для перевозки сырой нефти, продуктовозов и химовозов

Танкеры для перевозки сырой нефти имеют пять-шесть грузовых отсеков (10–12 танков), располагающихся между поперечными водонепроницаемыми переборками. Для продуктовозов можно проследить некоторую тенденцию к увеличению количества танков с ростом размеров судна, но значительная часть и таких судов также имеет минимальное количество отсеков – пять, без зависимости от длины судна. Количество сегрегаций груза на танкерах для перевозки сырой нефти обычно находится в пределах трех-четырех (для крупных судов) и до пяти-шести у среднеразмерных продуктовозов. Химовозы как особый тип наливных судов, как правило, имеют большее количество сегрегаций – от шести-восьми до значения, совпадающего с количеством грузовых танков (до 20). Увеличение количества сегрегаций, с одной стороны, повышает «гибкость» танкера при перевозке широкой номенклатуры грузов, но, с другой, приводит к значительному усложнению грузовой системы, снижающему ее надежность и увеличивающему ее массогабаритные характеристики.

Таким образом, необоснованное увеличение количества сегрегации приводит к увеличению и строительной стоимости судна, и эксплуатационных затрат. Следует также отметить, что для арктических танкеров усложнение палубного оборудования создает определенные трудности из-за проблем с обледенением. Очевидно, что выбор количества сегрегаций – предмет всестороннего оптимизационного исследования.

Большинство танкеров имеют одну продольную переборку, располагающуюся в диаметральной плоскости. Две продольные переборки устанавливаются на танкерах длиной более 300 м (VLCC и ULCC типов), что обусловлено ограничением количества аварийного вылива нефти согласно требованиям MARPOL.

Для танкеров групп Small и HandySize требования MARPOL в большинстве случаев выполняются и без установки продольной переборки, но при этом становится затруднительным выполнение требований к устойчивости судна в процессе погрузки/разгрузки – когда танки заполнены грузом частично [14].

Максимальные размеры танков выбирают, исходя из требований MARPOL 73/78, Regulation 26, с контролем параметра Oil Outflow Index – Regulation 23, 25 и др.

Подавляющее большинство химовозов имеют грузовые танки, ограниченные гофрированными продольными и поперечными переборками, что связано с необходимостью частой мойки танков из-за смены сортов перевозимых грузов (практически в каждом рейсе). К тому же агрессивная природа перевозимого груза (к примеру, каустической соды), требует надежной защиты конструкций, что облегчается при снижении площади воздействия на них, достигаемое при установке гофрированных переборок. Только 30% всех танкеров для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов оборудованы гофрированными переборками (рис. 8). Это обусловлено двумя причинами: 1. большая часть таких танкеров работает без частой смены сортов груза; 2. на крупных танкерах (Panamax и крупнее) классические плоские переборки обеспечивают лучшие прочностные характеристики.

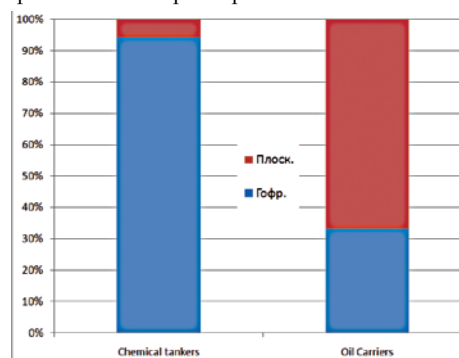


Рис. 8. Применение гофрированных и плоских переборок у химовозов (Chemical tankers) и танкеров для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (Oil Carriers)

Аналогичная тенденция наблюдается и в конструктивном исполнении палубы судна: подавляющее большинство танкеров средних размеров – продуктовозов и химовозов имеют наружный набор, большинство же крупных судов, перевозящих сырую нефть, имеют внутренний набор (см. рис. 9). Это обусловлено проблемой, связанной с более частой необходимостью мойки танков химовозов и продуктовозов.

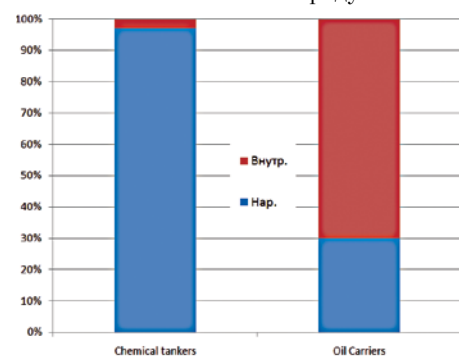
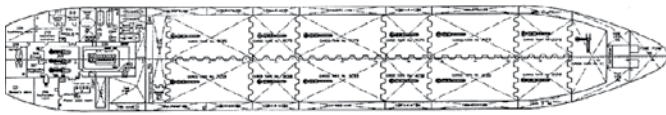


Рис. 9. Доля танкеров, имеющих внутренний и наружный набор палубы для химовозов (Chemical tankers) и танкеров для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (Oil Carriers)

На судах для перевозки сырой нефти и большинстве продуктовозов установлены танки практически одинаковой вместимости (рис. 9, б). На химовозах из-за большой разницы в объемах и сортах перевозимого в разных рейсах груза возможно устройство танков разных объемов (рис. 9, а).

а)



б)

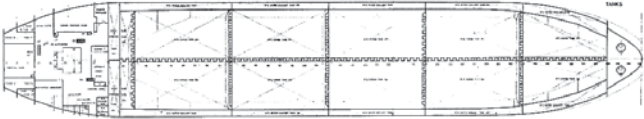


Рис. 9. Наиболее распространенные схема танков химовоза (а) и танкера для перевозки сырой нефти (б)

На всех танкерах обязательно установлены слоп-танки для хранения и отстоя жидкой среды, остающейся после мойки грузового пространства. На судах дедвейтом более 70 000 т обязательна установка двух слоп-танков. Объем слоп-танков составляет обычно 0,8–3,0 % от вместимости грузовых танков судна. Характеристики и количество слоп-танков регламентируются конвенцией MARPOL Regulation 29. При перевозке груза, имеющего плотность менее спецификационной, допускается использование слоп-танков для приема груза.

Грузовые отсеки, кроме верхней палубы, ограничены вторым дном и вторым бортом. Минимальные размеры этих конструкций рассчитываются согласно требованиям конвенции MARPOL, Regulation 19. Принятие требуемых значений высоты второго дна и ширины двойного борта, в большинстве случаев, обеспечивает приемлемый минимальный уровень безопасности эксплуатации танкера. Для судов дедвейтом до 80–100 тыс. т характерно совпадение принимаемых и регламентируемых значений ширины второго борта. У более крупных судов значения ширины принимаются превышающими требуемые, что обусловлено необходимостью обеспечения минимальной балластной осадки, достигаемой путем приема достаточного количества заборной воды в междубортное пространство в так называемые изолированные танки. Это снижает также риски вылива нефти при аварийных ситуациях (рис. 10).

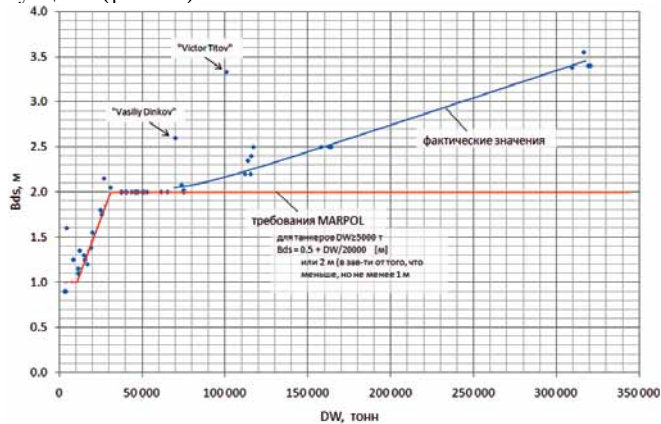


Рис. 10. Величины ширины второго борта фактические и требуемые

Фактическая высота второго дна у танкеров является обычно более варьированной величиной, чем ширина двойных бортов (рис. 11).

На высоту второго дна влияют также требования Правил IACS CSR [1] к прочности судна в поврежденном состоянии – расчетная высота (глубина) повреждения равна $B/15$, или 2 м (в зависимости от того, что меньше), что совпадает с требованиями MARPOL. Таким образом, проектиранту выгодно принять значение высоты второго дна, превышающее требуемое MARPOL значение, чтобы уменьшить потери в прочности судна от разрушения днища, а, следовательно,

уменьшить массу конструкций. Для второго борта это требование оказывает меньшее влияние, так как, во-первых, не для всех танкеров глубина бортового повреждения $B/16$ оказывается больше требуемого MARPOL значения ширины двойного борта, а во-вторых – разрушение бортовых конструкций в меньшей степени влияет на общую прочность судна, чем разрушение днищевых.

Требования к минимальной осадке в балласте приведены в MARPOL Regulation 18, согласно которому вместимость танков изолированного балласта должна обеспечивать посадку судна в любом эксплуатационном состоянии нагрузки судна (включая случаи, когда водоизмещение судна составляют только массы судна порожнем и балласт), удовлетворяющую трем критериям: средняя осадка на миделе должна быть большей или равной $2,0+0,02L$ (м), возникающий дифферент на корму $\leq 0,015L$ (м), а осадка кормой должна обеспечить полное погружение гребного винта.

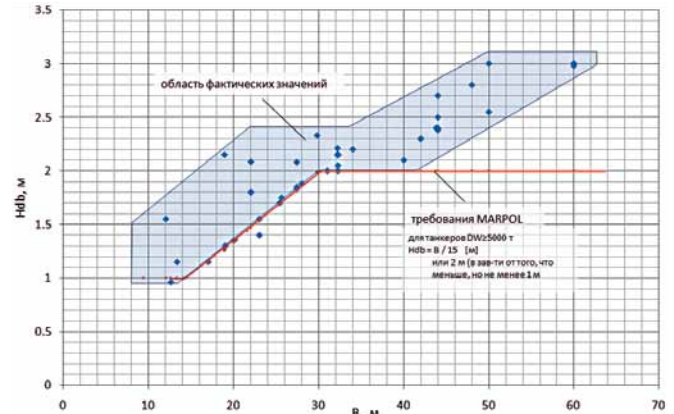


Рис. 11. Требуемая и принимаемая фактически высота второго дна

Следует отметить, что допускаются отступления от требуемой MARPOL схемы общего расположения и размеров грузовой области, но только при сохранении необходимого уровня защиты окружающей среды от загрязнения (см. MARPOL Regulation 19 Paragraph 5).

При определении балластной осадки, удовлетворяющей названным выше требованиям, проектирант решает задачу оптимизации: как выбрать балластную осадку такой, чтобы обеспечить баланс между ростом расхода топлива от уменьшения диаметра гребного винта из-за снижения его КПД и выигрышем в расходе топлива от снижения балластной осадки, способствующего уменьшению смоченной поверхности, а следовательно, и потребляемой мощности. Практически на всех танкерах специально уменьшен диаметр винта для снижения лимитируемого значения балластной осадки. Отношение диаметра винта к осадке судна в полном грузу – не превышает значения 0,5 (против традиционного 0,6–0,7), что приводит к снижению его эффективности. Отрицательный эффект от уменьшения диаметра гребного винта снижается при рейсах с частичной загрузкой судна, а главное – при балластных переходах, так как практически все обратные рейсы у танкеров происходят без груза.

Опыт эксплуатации танкеров показывает, что для упрощения операций погрузки-выгрузки балласта следует уменьшать количество отдельных небольших балластных цистерн, объединяя цистерны бортов и днища и т. д. Особенно это актуально для крупных линейных танкеров, которые не эксплуатируются с частичной загрузкой и для которых не требуется балластировка при ходе судна в грузу.

Спецификационная плотность сырой нефти находится обычно в диапазоне $0,82–0,95 \text{ т/м}^3$, нефтепродуктов – $0,70–1,025 \text{ т/м}^3$. У химовозов плотность перевозимого груза доходит до $1,8–2,2 \text{ т/м}^3$ (каустическая сода, кислоты и т. д.), при этом значения, принимаемые в процессе проектиро-

вания при расчетах вместимости и дедвейта судна у танкеров всех типов (в том числе химовозов) обычно берутся из диапазона 0,80–0,85 т/м³. Естественно, в техническом задании могут быть установлены другие значения плотности. К примеру, может оговариваться, что принятие груза плотностью до 0,7 т/м³ возможно при минимизации судовых запасов топлива, масла и пресной воды (т. е. на коротких рейсах). В работе [15] указано, что для танкеров ледового плавания целесообразно иметь запас вместимости на случай перекачивания груза из поврежденных льдами танков, вследствие чего предлагается принимать за расчетную величину плотности груза значение не более 0,7 т/м³ (для продуктовозов). В работе [15] указано также, что операторы танкерного флота отдают предпочтение судам с несколько избыточной вместимостью, что позволяет снизить так называемый «мертвый фрахт», т. е. снизить количество рейсов, когда вместимость уже полностью использована, но судно еще имеет запас по грузоподъемности.

В последнее десятилетие наблюдается тенденция к отказу от грузовых насосов, располагающихся в насосном отделении (в кормовой части судна) и переходу к погружным гидравлическим насосам (рис. 12). Традиционное насосное отделение в последнем случае отсутствует, но требуется размещение на судне помещения для гидравлических насосов (допускается и в носовой части).

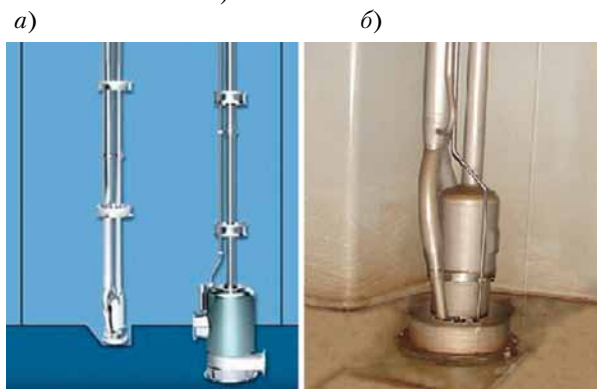


Рис. 12. Схема установки (а) и внешний вид погружного грузового/балластного насоса (б)

Система с погружными насосами получается заметно дороже традиционной (примерно на 13–15%), однако на 3–4% возрастает грузоподъемность судна, из-за более высокой производительности сокращается время выгрузки, до 60% снижаются затраты топлива на привод таких насосов (гидравлический привод погружных насосов более эффективен, чем паровой или электрический для традиционных насосов), и, в целом, срок окупаемости грузовой системы становится приемлемым [8]. Широко распространяется комплексный подход к установке гидравлических систем судна – при использовании погружных насосов гидропривод применяется и для балластных насосов (также погружного исполнения), подруливающего устройства, системы мойки танков и палубных устройств. Облегчается обслуживание системы подогрева груза и балласта – теплообменники устанавливаются на палубе судна, а груз или балласт насосами прокачиваются через них и возвращаются в танки.

Классические насосы с паровым приводом, располагающиеся в специальном насосном отделении, устанавливаются на крупных танкерах, предназначенных для перевозки сырой нефти. Такое насосное отделение должно соответствовать требованиям MARPOL Regulation 22 – и для танкеров дедвейтом более 5 000 тонн снизу оно должно быть ограничено двойным дном.

Вместимость цистерн для топлива выбирается, исходя из дальности плавания до 20 000 миль (у некоторых особо крупных судов значение доходит до 40 000 миль). Такая величина принимается не только в зависимости от значения заданной

дальности рейсов, но и для обеспечения большей свободы в выборе места бункеровки, так как наблюдается ощутимая разница в цене топлива между мировыми портами (к примеру, между портами Хьюстон и Сидней – до 25%), из-за чего оператор принимает решение взять дешевое топливо на два-три рейса вперед.

ВЫВОДЫ

1. Мировой танкерный флот, обслуживая транспортные потоки углеводородов (нефти и нефтепродуктов), являющийся мощным инструментом мировой политики и экономики, крайне чувствителен и к экономическим и к политическим мировым кризисам, что делает цены на суда и фрахтовые ставки крайне нестабильными. Это нередко создает избыток его тоннажа, опустошая портфели заказов на «новострой» и приводя к списанию и переработке на металлолом еще дееспособные в благоприятное время суда.

2. Танкеры дедвейтом более 10–15 тыс. т распределены по размерным группам, а судов в промежутках между границами соседних групп практически нет. В техническое задание на проектирование крупных танкеров включается не грузоподъемность, а принадлежность к размерной группе, при этом решается задача получения максимально возможного дедвейта в ограниченных размерах.

3. Архитектурно-конструктивный тип, облик, компоновка и оборудование танкера достаточно традиционны и обусловлены выполнением жестких требований MARPOL и Правил национальных классификационных обществ. Регламентированность здесь – одна из самых жестких среди всех типов транспортных судов, а танкер, как объект проектирования, исключительно типизирован во всех размерных группах, предназначенных для перевозки сырой нефти. Некоторое отступление от традиционных решений может быть инициировано особыми условиями эксплуатации, в частности, арктическими.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. IACS. Common Structure Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers. – London, UK, International Association of Classification Societies, 2013.
2. Marinekommando. Jahresbericht 2013. Fakten und Zahlen zur maritimen Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland. – Rostock, Zentraldruckerei Köln/Bonn, 2013.
3. С. И. Логачев, Т. А. Коледова и др. Развитие мировых морских перевозок транспортного флота и судостроения // «Мировое судостроение: Состояние и перспективы развития». – 2013. – № 2 (5).
4. INTERTANKO, Tanker Facts.
5. Исаев Н. Мировые цены на нефть: закономерности и прогноз // Нефтегазовая вертикаль. – 2013. – Т. 2.
6. Zittel Werner, Zerhusen Jan, Zerta Martin, Arnold Nikolaus. Fossil and Nuclear Fuels – the Supply Outlook. – Energy Watch Group, 2013.
7. World shipping 2014. On the recovery track. – RS Platou, Oslo, Norway, December, 2013.
8. Nikolopoulos L. G. A holistic methodology for the optimization of tanker design and operation and its applications. Diploma thesis. NTUA, 2012.
9. Significant Ships. RINA. 2005–2010.
10. Kristensen H. O. H., Lützen M. Existing Design Trends for Tankers and Bulk Carriers – Design Changes for Improvement of the EEDI in the Future. – IMDC2012, Glasgow, UK.
11. Nordas Daniel Edward. Optimization of Bow Shape for Large, slow ship: Master thesis in marine technology. 2012.
12. Kristensen, Hans Otto. Determination of Regression Formulas for Main Dimensions of Tankers and Bulk Carriers based on IHS Fairplay data. – Technical University of Denmark, 2012. Project № 2010–56, Emissionsbeslutningsstøttesystem, Work Package 2, Report № 02.
13. IMO. MARPOL. London, UK, 2013.
14. Belamarić Igor, Čudina Predrag, Žiha Kalman. Design Analysis of a New Generation of Suezmax Tankers // J. of Ship Production. SNAME. – 1999. – Vol. 13. – № 2.
15. Подволоцкий Н. М. Опыт эксплуатации танкеров ледового плавания. – Изд. Российского морского регистра судоходства, 2004. ■

Работа с речных терминалов на рейдовые перевалочные комплексы (РПК) и (или) морские глубоководные порты – сегодня главная задача отечественных судов смешанного река-море плавания. Особенностью схемы «речной терминал – РПК» является сочетание достаточно большого речного плеча по внутренним водным путям (ВВП) и относительно малого, но сильно влияющего морского плеча. Конечная цель – погрузка (выгрузка) на морское судно дедевитом от 5 до 300 тыс. т в условиях рейда (РПК) или порта. Как показано в статье [3], значительный интерес для решения такой задачи представляют составные суда и барже-буксирные составы (ББС) смешанного река-море плавания.

Эта публикация является логическим продолжением цикла работ автора, посвященных разработке концепции и выбору главных элементов проектов ББС [1–5].

Выбор главных размерений судов смешанного река-море плавания определяется путевыми условиями, и, соответственно, инструментом проектировщика остается масса судна порожнем и коэффициент общей полноты [1, 6].

В работах [2, 5] были даны рекомендации для определения весовой нагрузки самоходных и несамоходных грузовых судов, соответственно, остается уточнить рекомендации по выбору оптимального коэффициента общей полноты.

Цель статьи – определение оптимальных значений коэффициента общей полноты и скорости составных судов и ББС на базе создания моделей работы и оценки экономической эффективности этих моделей.

Известно, что оценка оптимального значения коэффициента общей полноты должна быть получена на основании оценки экономической эффективности судна как функция его скорости в рамках моделей эксплуатации, отражающих основные условия работы [4].

Проведенный ранее [3] анализ рынка речных и смешанных река-море перевозок позволил определить следующие актуальные модели эксплуатации составных судов:

- на основе «вертушки», включающей в себя один буксир-толкач и несколько барж, для перевозки грузов из порта в порт;
- самоходное судно-толкач и одна баржа для перевозки грузов из речных портов на рейдово-перевалочный комплекс (РПК);
- буксир-толкач и баржа для перевозки грузов из речных портов в порты морские или другого речного бассейна или на РПК;
- буксир-толкач и две баржи для перевозки грузов из речных портов на РПК.

Были выполнены расчеты для первых трех вариантов как наиболее близких к реализации для диапазона коэффициентов общей полноты $C_b = 0,80...0,95$ и скоростей $V = 5...12$ уз. При этом в качестве основного варианта для оценки стоимости строительства принят коэффициент общей полноты $C_b = 0,93$, характерный для судов смешанного река-море плавания нового поколения.

Для учета строительной стоимости при разных значениях C_b вводится поправка $\Delta S = (\Delta_{пор}^{Chasn} - \Delta_{пор}^{Chrasch}) \cdot (\Delta S_1 + \Delta S_2)$, где $\Delta_{пор}^{Chasn}$ – водоизмещение порожнем при основном коэффици-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛНОТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СКОРОСТИ СОСТАВОВ И СОСТАВНЫХ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

А.Г. Егоров, мл. науч. сотрудник ЗАО «Морское Инженерное Бюро»,
контакт. тел. (812) 232 8538

енте полноты, т; $\Delta_{пор}^{Chrasch}$ – водоизмещение порожнем при расчетном коэффициенте полноты, т; ΔS_1 – средняя стоимость судостроительной стали, долл./т; ΔS_2 – средняя стоимость работ по сборке корпуса, долл./т $\Delta S_2 = S_2 \cdot Tr_{корп}$, где S_2 – стоимость 1 чел-ч/т, долл.; $Tr_{корп}$ – удельная трудоемкость по сборке корпуса, чел-ч/т.

ББС, эксплуатирующийся по модели «вертушка». С целью определения оптимального значения коэффициента общей полноты и эксплуатационной скорости для этой модели была выполнена оценка экономической эффективности ББС смешанного плавания с «морским» полужестким сцепным устройством, работающим по модели «вертушка» на линии Светловодск–Измаил.

Основные характеристики состава приведены в табл. 1, вид сверху – на рис. 1.

Основные характеристики ББС

Таблица 1

Характеристика	Барже-буксирный состав		
	буксир	баржа	состав
Ориентировочный класс судна	М-ПР	О-ПР	
Длина наибольшая, м	29,60	121,50	148,90
Длина между перпендикулярами, м	23,65	120,20	-
Ширина габаритная, м	11,80	17,20	-
Ширина, м	11,00	17,00	-
Высота борта, м	5,10	5,50	-
Коэффициент общей полноты (при осадке в реке 3,2 м)		0,930	
Коэффициент общей полноты (при осадке в море 4,2 м)		0,937	
Осадка по ЛГВЛ d_m в море / d_p в реке, м		4,20 / 3,20	
Грузоподъемность $P_{пр}$, т:			
при d_p (река)		4876	
при d_m (море)		7038	
Скорость, уз, при % от МДМ		Около 10,0 (85%) (в составе)	Около 12,0 (85%) (без состава)
Объем грузовых трюмов, м ³		9170	
Количество грузовых трюмов		2	
Мощность ГД		2 x 1200 кВт	
Экипаж $n_{эк}$, чел./мест		10/12	

На линии Светловодск (Кировоградская область)–Измаил предполагается перевозка зерна, в обратном направлении – перевозка генерального груза (текстиль, товары народного потребления (ТНП), полуфабрикаты для промышленности, техника). На линии Одесса–Измаил – зерно,

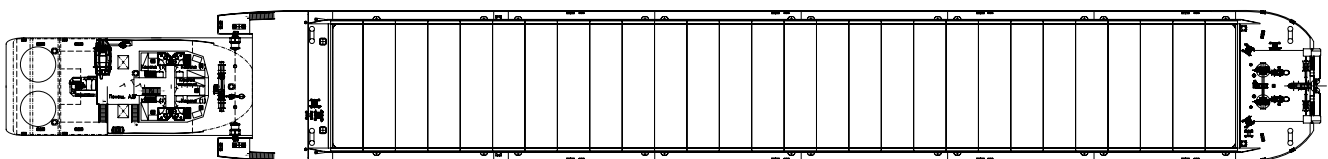


Рис. 1. Вид сверху ББС река-море плавания

назад – порожнем. Зимняя навигация анализировалась без модели «вертушка».

В соответствии с [4] были определены основные характеристики состава, включая буксировочную и номинальную мощности. Затем была рассчитана экономика. Ниже приведены результаты окончательных расчетов.

На рис. 2–6 представлены зависимости, полученные путем обработки расчетов экономики ББС, эксплуатирующегося по модели «вертушка».

На рис. 7 показано влияние числа Fr (скорости 5–12 уз) на изменение финансового результата P за год для ряда C_b .

Для этой модели и последующих результаты расчета для $0,93 < C_b < 0,95$ базируются на данных испытаний судов смешанного плавания с $C_b \leq 0,93$ с учетом дополнительного сопротивления от «сверхполноты», которое, в свою очередь, непосредственно влияет на расходы на топливо R_T .

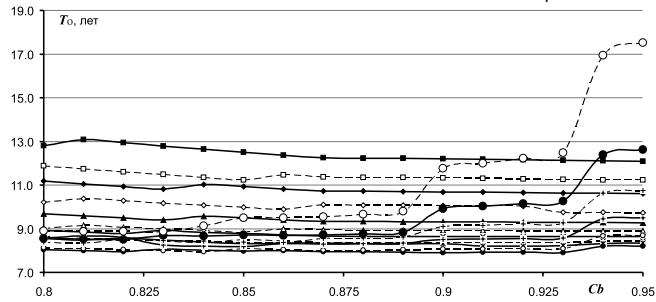


Рис. 2. График зависимости срока окупаемости ББС (модель «вертушка») T_o от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —●— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

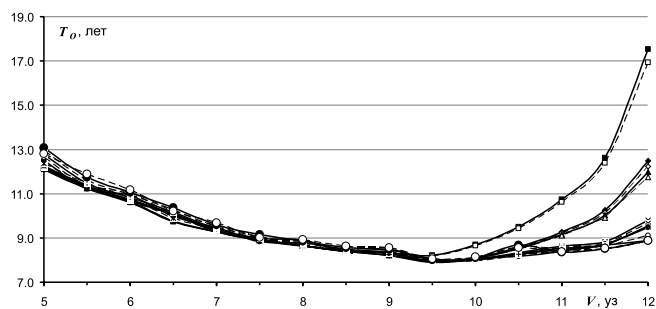


Рис. 3. График зависимости срока окупаемости ББС (модель «вертушка») T_o от скорости движения V для разных C_b с учетом волнения: —■— 0,95; —□— 0,94; —●— 0,93; —◇— 0,92; —▲— 0,91; —△— 0,90; —×— 0,89; —×— 0,88; —*— 0,87; —*— 0,86; —●— 0,85; —○— 0,84; —+— 0,83; —+— 0,82; —●— 0,81; —○— 0,80

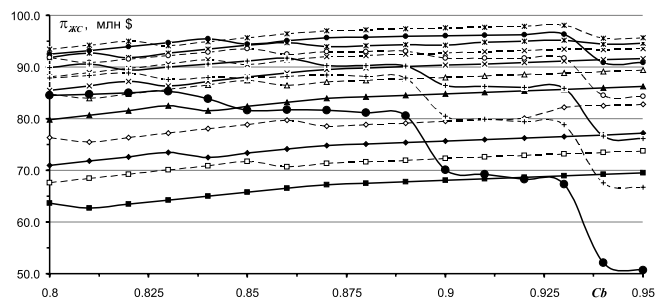


Рис. 4. График зависимости прибыли за жизненный цикл ББС (модель «вертушка») $\pi_{жс}$ от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —●— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

Для модели «вертушка» на линии Светловодск–Измаил влияние характеристик портовых перегружателей на баржи с разными коэффициентами полноты несущественно при скоростях до 10 уз, максимальный C_b является наиболее эффективным на малых скоростях до 8,5 уз, до 10,5 уз наиболее эффективным является значение $C_b = 0,93$, так

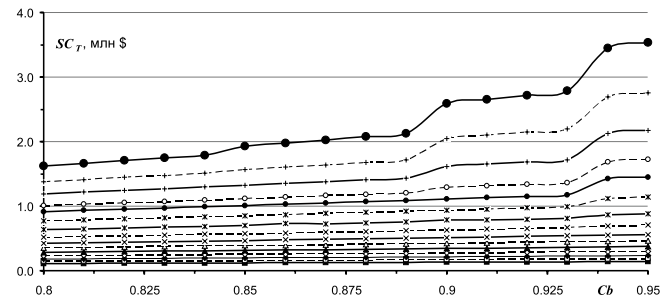


Рис. 5. График зависимости суммарных расходов на топливо ББС (модель «вертушка») SC_T от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —●— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

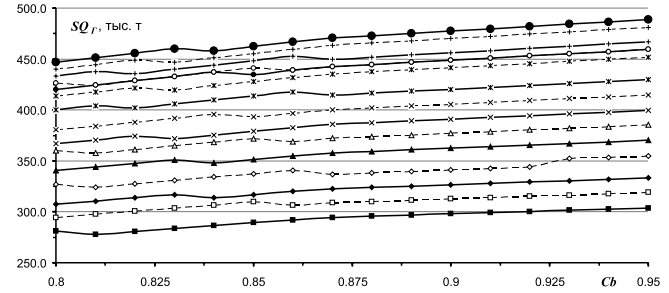


Рис. 6. График зависимости объема перевозок ББС (модель «вертушка») SQ_T от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —●— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

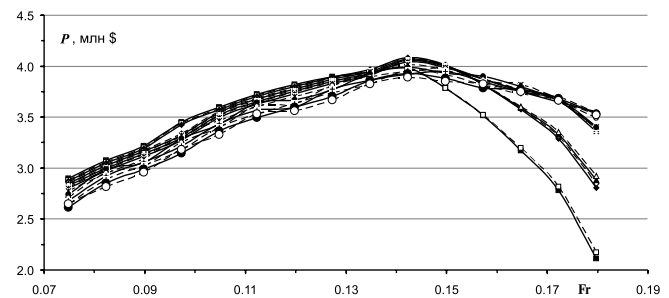


Рис. 7. Влияние числа Fr (для всего состава) на изменение финансового результата P за год (модель «вертушка») для ряда C_b : —■— 0,95; —□— 0,94; —●— 0,93; —◇— 0,92; —▲— 0,91; —△— 0,90; —×— 0,89; —×— 0,88; —*— 0,87; —*— 0,86; —●— 0,85; —○— 0,84; —+— 0,83; —+— 0,82; —●— 0,81; —○— 0,80

как при больших коэффициентах срок окупаемости резко увеличивается из-за повышенных расходов на топливо (см. рис. 2, 5).

Рис. 4 полностью отображает динамику изменения срока окупаемости, показанного на рис. 2.

Для модели «вертушка» на рассматриваемой линии максимальное количество перевезенного за год груза соответствует максимальной скорости в 12 уз и максимальному коэффициенту полноты (см. рис. 6) без учета расходов на топливо.

Зависимость оптимального значения коэффициента полноты C_b на речную осадку от числа Фруда Fr (для диапазона скоростей 5–12 уз) для стоимости дизельного топлива MGO порядка 500 долл./т и 1000 долл./т приведена на рис. 8.

При существующей стоимости на судовое топливо для чисел Фруда $Fr \leq 0,11$ оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $Fr > 0,11$ $C_b^{opt} = -520,93 \cdot Fr^3 + 154,15 \cdot Fr^2 - 15,525 \cdot Fr + 1,4843$.

При стоимости на судовое топливо 1000 долл./т для чисел Фруда $Fr \leq 0,11$ оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $0,11 < Fr \leq 0,15$ $C_b^{opt} = 1114,8 \cdot Fr^3 - 401,2 \cdot Fr^2 + 43,823 \cdot Fr - 0,5114$.

Оптимальное значение коэффициента полноты ББС (учитывая расходы на топливо – см. рис. 5), эксплуатируемого по модели «вертушка» на линии Светловодск–Измаил,

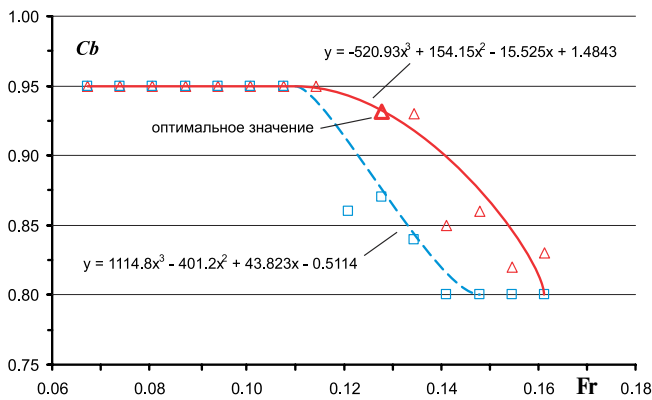


Рис. 8. Зависимость оптимального значения C_b от числа Fr (для всего состава) по финансовому результату P за год работы: стоимость топлива 500 долл. за т: Δ – значения; — — — оптимизация; стоимость топлива 1000 долл. за т: \square – значения; — — — оптимизация

без учета и с учетом волнения на морском участке определяется в зависимости от выбранной эксплуатационной скорости (рис. 8).

Наиболее эффективным для стандартных скоростей на ВВП 8,5–10 уз является коэффициент полноты $C_b = 0,93$ на речную осадку 3,2 м (см. рис. 8).

Рекомендуемая скорость с учетом волнения – 9,5 уз, срок окупаемости – 7,90 лет (см. рис. 3) при $C_b = 0,93$. Интересно также отметить, что без учета волнения (или при его отсутствии) рекомендуемой скоростью будет 8,5 уз. Изменение оптимальной скорости связано с особенностями модели «вертушки» и характеристиками выбранных линий эксплуатаций, если при скорости 9,5 уз без учета волнения буксир-толкач приходил в порт и ждал окончания погрузки баржи, то с учетом волнения буксир-толкач приходит несколько позже, и баржу успевают подготовить к отправке в обратный рейс.

ББС, эксплуатирующийся по модели «самоходное судно». Для данной модели приведена оценка экономической эффективности ББС смешанного плавания с «морским» полужестким сценным устройством, работающим на линии Светловодск–Измаил как самоходное судно, с целью определения оптимального значения коэффициента общей полноты и эксплуатационной скорости. В расчете учитывался тот же барже-буксирный состав, что и выше.

На линии Светловодск–Измаил предполагается перевозка зерна, в обратном направлении – генерального груза (текстиль, товары народного потребления (ТНП), полуфабрикаты для промышленности, техника). На линии Одесса–Измаил – зерно, назад – порожнем.

В соответствии с [4] были рассчитаны основные характеристики состава, включая буксировочную и номинальную мощности. Затем была рассчитана экономика. Ниже приведены полученные результаты.

На рис. 9–13 представлены зависимости, полученные путем обработки расчетов экономики ББС, эксплуатирующегося по модели «самоходное судно».

На рис. 14 приведено влияние числа Fr (скорости 5–12 уз) на изменение финансового результата P за год для ряда C_b .

Влияние характеристик портовых перегружателей показано на рис. 9, где при одинаковой скорости движения срок окупаемости резко изменяется из-за разного объема партии груза, вызванного различным значением C_b .

К примеру, для скорости 9 уз срок окупаемости для ББС с $C_b = 0,85$ на линии Светловодск–Измаил значительно лучше, чем срок окупаемости для $C_b \geq 0,89$; объясняется это появлением дополнительного кругового рейса за навигацию у состава с $C_b = 0,85$, так как такой состав из-за меньшей грузоподъемности быстрее обрабатывается в портах следования.

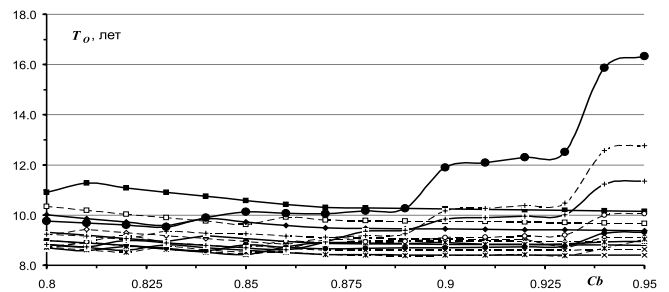


Рис. 9. График зависимости срока окупаемости ББС T_o от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: \blacksquare –5; \square –5,5; \blacklozenge –6; \lozenge –6,5; \blacktriangle –7; \triangle –7,5; \times –8; \times –8,5; \times –9; \times –9,5; \bullet –10; \circ –10,5; --- –11; --- –11,5; \bullet –12

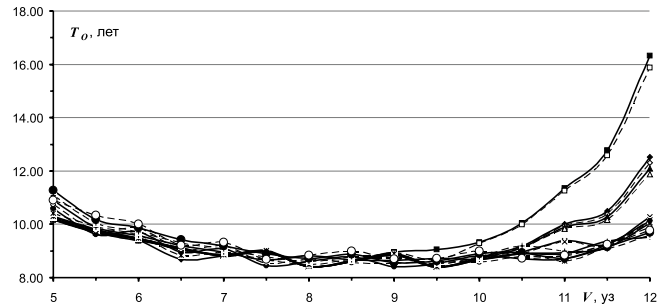


Рис. 10. График зависимости срока окупаемости ББС T_o от скорости движения V для разных C_b с учетом волнения: \blacksquare –0,95; \square –0,94; \blacklozenge –0,93; \lozenge –0,92; \blacktriangle –0,91; \triangle –0,90; \times –0,89; \times –0,88; \times –0,87; \times –0,86; \bullet –0,85; \circ –0,84; --- –0,83; --- –0,82; \bullet –0,81; \circ –0,80

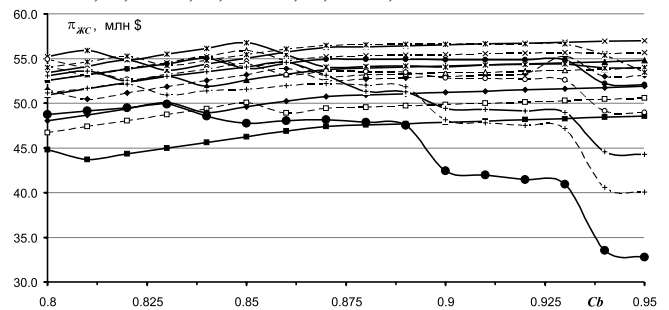


Рис. 11. График зависимости прибыли за жизненный цикл ББС $\pi_{жс}$ от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: \blacksquare –5; \square –5,5; \blacklozenge –6; \lozenge –6,5; \blacktriangle –7; \triangle –7,5; \times –8; \times –8,5; \times –9; \times –9,5; \bullet –10; \circ –10,5; --- –11; --- –11,5; \bullet –12

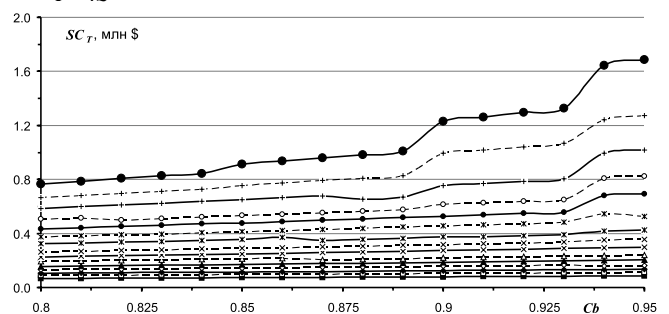


Рис. 12. График зависимости суммарных расходов на топливо ББС SC_T от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: \blacksquare –5; \square –5,5; \blacklozenge –6; \lozenge –6,5; \blacktriangle –7; \triangle –7,5; \times –8; \times –8,5; \times –9; \times –9,5; \bullet –10; \circ –10,5; --- –11; --- –11,5; \bullet –12

Учет волнения даже на такой линии как Светловодск–Измаил с незначительным морским относительно спокойным участком достаточно серьезно влияет на срок окупаемости – порядка 0,2 года.

Рис. 11 полностью отражает динамику изменения срока окупаемости, показанного на рис. 9.

Зависимость оптимального значения коэффициента полноты C_b на речную осадку от числа Фруда Fr (для диапазона

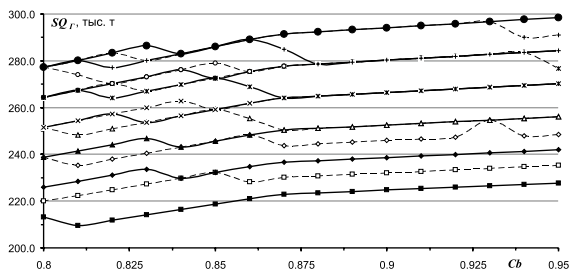


Рис. 13. График зависимости объема перевозок ББС SQ_r от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —◆— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —×— 9; —×— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

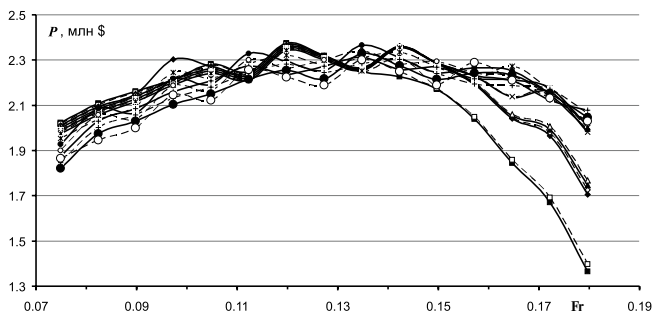


Рис. 14. Влияние числа Fr (для всего состава) на изменение финансового результата P за год для ряда C_b : —■— 0,95; —□— 0,94; —◆— 0,93; —◇— 0,92; —▲— 0,91; —△— 0,90; —×— 0,89; —×— 0,88; —×— 0,87; —×— 0,86; —●— 0,85; —○— 0,84; —+— 0,83; —+— 0,82; —●— 0,81; —○— 0,80

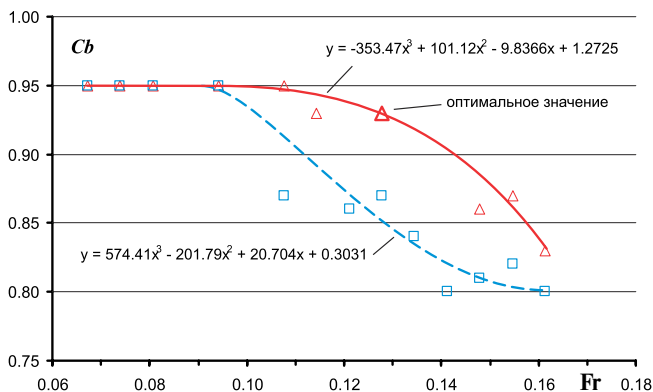


Рис. 15. Зависимость оптимального значения C_b от числа Fr (для всего состава) по финансовому результату P за год работы: стоимость топлива 500 долл. за т: △— значения; — — — оптимизация; стоимость топлива 1000 долл. за т: □— значения; — — — оптимизация

скоростей 5–12 уз) для стоимости дизельного топлива MGO порядка 500 долл./т и 1000 долл./т приведена на рис. 15.

При существующей стоимости на судовое топливо для чисел Фруда $Fr \leq 0,09$ оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $Fr > 0,09$ $C_b^{opt} = -353,47 \cdot Fr^3 + 101,12 \cdot Fr^2 - 9,8366 \cdot Fr + 1,2725$.

При стоимости на судовое топливо 1000 долл./т для чисел Фруда $Fr \leq 0,09$ оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $Fr > 0,09$ $C_b^{opt} = 574,41 \cdot Fr^3 - 201,79 \cdot Fr^2 + 20,704 \cdot Fr + 0,3031$.

Из рис. 13 видно, что для исследуемой линии на некоторых скоростях разница в 0,5 уз не дает прибавки к суммарному количеству перевозимого за год груза. Объясняется это тем, что чистое ходовое время имеет меньшее влияние на время кругового рейса, чем простои в пути на реке. К примеру, для пары скоростей 8,5 и 9 уз количество круговых рейсов за год эксплуатации одинаково для большинства C_b , что, в свою очередь, негативно влияет на экономику на скорости в 9 уз ввиду большего расхода на топливо (см. рис. 12).

Оптимальное значение коэффициента полноты ББС (учитывая расходы на топливо), эксплуатируемого по модели «самоходное судно» на линии Светловодск – Измаил, без

учета и с учетом волнения на морском участке определяется в зависимости от выбранной эксплуатационной скорости по аналогии с моделью «вертушка» (см. рис. 15).

Наиболее эффективным для стандартных скоростей на ВВП 8,5–10 уз является коэффициент полноты $C_b = 0,93$ на речную осадку 3,2 м.

Рекомендуемой скоростью является 9,5 уз с учетом волнения, срок окупаемости – 8,39 лет (см. рис. 10) при $C_b = 0,93$.

Составное судно смешанного река-море плавания. Для данной модели приведена оценка экономической эффективности составного судна смешанного плавания с классическим сцепным устройством типа «О-200», работающим на линии Светловодск (Кировоградская область) – РПК (банка Трутаева), с целью определения оптимального значения коэффициента общей полноты и эксплуатационной скорости.

Основные характеристики составного судна приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные характеристики составного судна

Характеристика	Составное судно		
	судно-толкач	баржа	состав
Ориентировочный класс судна	М-ПР	О-ПР	
Длина наибольшая, м	141,00	121,50	262,50
Длина между перпендикулярами, м	138,91	120,20	-
Ширина габаритная, м	17,20	17,20	-
Ширина, м	17,00	17,00	-
Высота борта, м	6,00	5,50	-
Коэффициент общей полноты (при осадке в реке 3,2 м)	0,930	0,930	
Коэффициент общей полноты (при осадке в море 4,2 м)	0,937	0,937	
Осадка по ЛГВЛ d_m в море / d_p в реке, м	4,20 / 3,20		
Дедвейт dwt , т:			
при d_p (река)	4879	4876	9755
при d_m (море)	7376	7038	14414
Скорость, уз, при % от МДМ	Около 10,0 (100%) (в составе), около 10,5 (85%) (без состава)		
Объем грузовых трюмов, m^3	8715	9170	17885
Количество грузовых трюмов	4	2	6
Мощность ГД	2×1200 кВт		
Экипаж $n_{эк}$, чел./мест	10/12		

На линии Светловодск – РПК (банка Трутаева) в летнюю навигацию предполагается перевозка зерна, в обратном направлении из порта Очаков – генерального груза (текстиль, ТНП), полуфабрикаты для промышленности, техника). В зимнюю навигацию на линии Очаков – РПК (Большая Одесса) – зерно, назад – порожнем. Зимняя навигация без баржи-приставки, только самоходное судно-толкач.

В соответствии с [4] были рассчитаны основные характеристики составного судна, включая буксировочную и номинальную мощности. Затем была рассчитана экономика. Ниже приведены окончательные результаты.

На рис. 16–20 представлены зависимости, полученные путем обработки расчетов экономики составного судна, эксплуатирующегося на РПК.

На рис. 21 приведено влияние числа Fr (скорости 5–12 уз, учитываются характеристики всего составного судна) на изменение финансового результата P за год для ряда C_b .

Влияние характеристик портовых и рейдовых перегрузочных устройств, как и для предыдущей модели, показано на рис. 16, где при одинаковой скорости движения срок окупаемости резко изменяется из-за разного объема партии груза, вызванного различным значением C_b .

К примеру, для скорости 6 уз срок окупаемости для составного судна с $C_b = 0,80$ на линии Светловодск–РПК

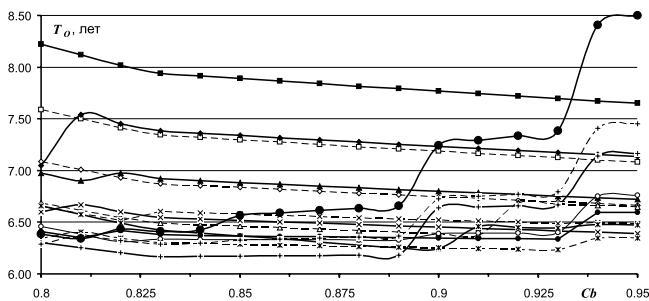


Рис. 16. График зависимости срока окупаемости составного судна T_0 от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —◆— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

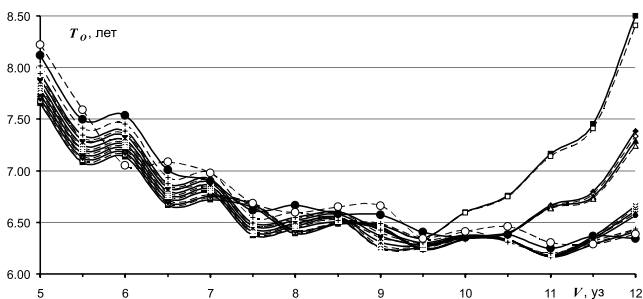


Рис. 17. График зависимости срока окупаемости составного судна T_0 от скорости движения V для разных C_b с учетом волнения: —■— 0,95; —□— 0,94; —◆— 0,93; —◇— 0,92; —▲— 0,91; —△— 0,90; —×— 0,89; —×— 0,88; —×— 0,87; —*— 0,86; —●— 0,85; —○— 0,84; —+— 0,83; —+— 0,82; —●— 0,81; —○— 0,80

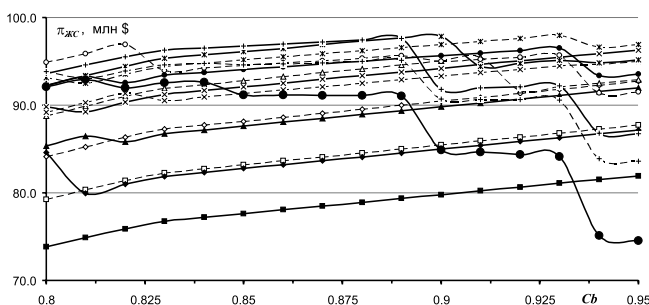


Рис. 18. График зависимости прибыли за жизненный цикл составного судна $\pi_{жс}$ от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —◆— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

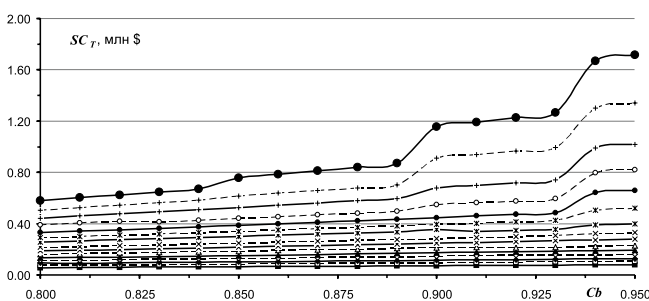


Рис. 19. График зависимости суммарных расходов на топливо составного судна SC_T от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —◆— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

(банка Трутаева) значительно лучше, чем срок окупаемости для $C_b \geq 0,81$; объясняется это появлением дополнительного кругового рейса за навигацию у составного судна с $C_b = 0,80$, так как такое составное, из-за меньшей грузоподъемности, быстрее обрабатывается в портах и на рейде.

Волнение на морском участке линии Светловодск–РПК (банка Трутаева) незначительно влияет на срок окупаемости.

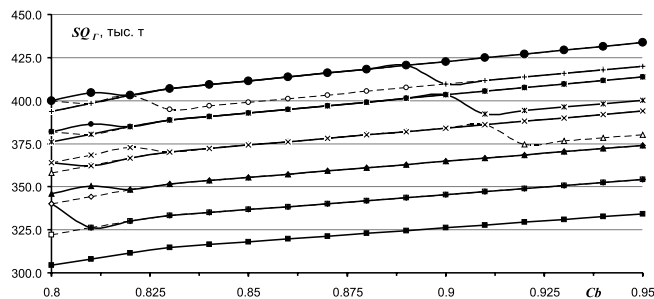


Рис. 20. График зависимости объема перевозок составного судна SQ_r от C_b для разных скоростей V с учетом волнения: —■— 5; —□— 5,5; —◆— 6; —◇— 6,5; —▲— 7; —△— 7,5; —×— 8; —×— 8,5; —*— 9; —*— 9,5; —●— 10; —○— 10,5; —+— 11; —+— 11,5; —●— 12

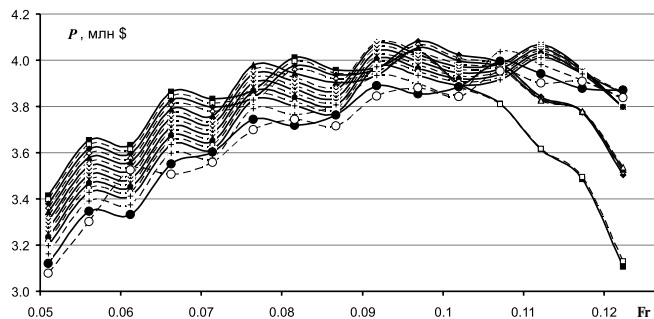


Рис. 21. Влияние числа Fr на изменение финансового результата P за год для ряда C_b : —■— 0,95; —□— 0,94; —◆— 0,93; —◇— 0,92; —▲— 0,91; —△— 0,90; —×— 0,89; —×— 0,88; —*— 0,87; —*— 0,86; —●— 0,85; —○— 0,84; —+— 0,83; —+— 0,82; —●— 0,81; —○— 0,80

Рис. 18 полностью отражает динамику изменения срока окупаемости, показанного на рис. 16.

Зависимость оптимального значения коэффициента полноты C_b на речную осадку от числа Фруда Fr (для диапазонов скоростей 5–12 уз) для стоимости дизельного топлива МГО порядка 500 долл./т и 1000 долл./т приведена на рис. 22.

При существующей стоимости на судовое топливо для чисел Фруда $Fr \leq 0,07$ (для всего составного судна) оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $Fr > 0,07$

$$C_b^{opt} = -793,44 \cdot Fr^3 + 167,48 \cdot Fr^2 - 11,908 \cdot Fr + 1,2335.$$

При стоимости на судовое топливо 1000 долл./т для чисел Фруда $Fr \leq 0,07$ (для всего составного судна) оптимальным является $C_b^{opt} = 0,95$, для $Fr > 0,07$

$$C_b^{opt} = 1181,4 \cdot Fr^3 - 362,18 \cdot Fr^2 + 33,125 \cdot Fr.$$

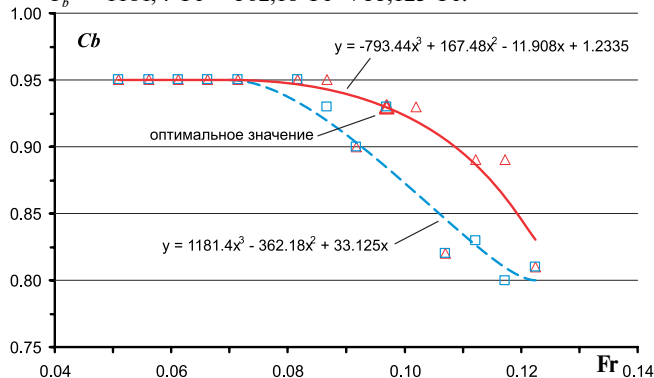


Рис. 22. Зависимость оптимального значения C_b от числа Fr (для всего составного судна) по финансовому результату P за год работы: стоимость топлива 500 долл. за т: Δ — значения; — — — оптимизация; стоимость топлива 1000 долл. за т: \square — значения; — — — оптимизация

Из рис. 20 видно, что для исследуемой линии на некоторых скоростях разница в 0,5 уз не дает прибавки к суммарному количеству перевозимого за год груза. Объясняется это тем, что чистое ходовое время имеет меньшее влияние на время кругового рейса, чем простои в пути на реке.

К примеру, для пары скоростей 8 и 8,5 уз количество круговых рейсов за год эксплуатации одинаково, что, в свою очередь, негативно влияет на экономику на скорости 8,5 уз в виду большего расхода на топливо (см. рис. 19).

Оптимальное значение коэффициента полноты составного судна, эксплуатируемого на линии Светловодск–РПК (банка Трутаева), без учета и с учетом волнения на морском участке определяется в зависимости от выбранной эксплуатационной скорости по аналогии с моделями ББС (см. рис. 22).

Наиболее эффективным для стандартных скоростей на ВВП 8,5–10 уз является коэффициент полноты $C_b = 0,93$ на речную осадку 3,2 м (см. рис. 22).

Рекомендуемой скоростью является 9,5 уз с учетом волнения, срок окупаемости – 6,23 года (см. рис. 17) при $C_b = 0,93$. Следует отметить, что при меньших значениях $C_b = 0,83–0,89$ и скорости 11 уз также достигается минимальный срок окупаемости, однако такие коэффициенты эффективны на скоростях, нехарактерных для ССП. Эксплуатационную скорость 11 уз практически нереально реализовать на ВВП, а при меньших скоростях данные C_b уступают $C_b > 0,90$.

Заключение. При движении на ВВП на некоторых участках существует ряд скоростных ограничений, поэтому, как правило, скорость ССП законодательно ограничивают для речных и смешанных перевозок 10 уз, что позволяет: перевести больший объем груза за год по сравнению с меньшими скоростями, обеспечивать безопасность мореплавания с точки зрения управляемости, ограничивать загрязнение окружающей среды.

Анализ рассматриваемых моделей показал, что определение наиболее эффективного для смешанных перевозок коэффициента общей полноты является комплексной задачей нахождения «золотой середины», в которую входят «разнонаправленные» характеристики:

- объем перевозок (чем больше перевезенного груза, тем лучше с точки зрения и экономики, и «захвата» рынка перевозок, однако, максимальный объем достигается при высоких скоростях, что в итоге негативно влияет на конечный результат и себестоимость перевозок из-за больших расходов на топливо, причем при увеличении стоимости на топливо этот показатель будет еще более актуальным);
- расход топлива (чем меньше эксплуатационная скорость и C_b , тем меньше расходы);
- характеристики портовых перегружателей и гидросооружений на пути следования по реке (по-разному влияют на C_b , возможно появление дополнительного кругового рейса);
- безопасность мореплавания и ограничения по скоростному режиму (при скоростях ниже 4,5 уз ССП с «полными» обводами с $C_b = 0,93$ теряют управляемость, при скоростях свыше 10 уз ССП обладают инерционными характеристиками, не позволяющими быстро отреагировать на резко изменившуюся обстановку на реке – маломерный катер, встречное судно, отмель, крутой поворот – это особо важно для составных судов с габаритной длиной более 200 м; как итог учета этих опасностей на речном участке – невозможность реализации высоких эксплуатационных скоростей).

Для существующих реалий речных и смешанных река-море перевозок массовых партий груза наиболее эффективным является судно с максимально возможным коэффициентом полноты C_b для определенного диапазона скоростей. Для диапазона скоростей 8,5–10 уз (основной диапазон работы существующих ССП) наиболее эффективным является $C_b = 0,93$, при больших значениях резко вырастает буксировочное сопротивление, а соответственно, и расходы на топливо, при меньших значениях – перевозится меньше груза и, соответственно, хуже экономика при таких же портовых и различных навигационных (шлюзование, проход под мостами) сборах.

Кроме того, на экономическую эффективность существенное влияние оказывает норма погрузочно-разгрузочных работ в портах и длина линии, особенно для моделей эксплуатации с закрепленным тоннажем (модель ББС «самоходное судно»).

В целом можно сказать про хорошую экономическую эффективность рассматриваемых концептов, особенно составного судна для работы на РПК. Срок окупаемости проектов значительно ниже срока окупаемости, принятого в отечественном судостроении для сухогрузных судов. Расчет экономики проводился с учетом волнения, недогруза в обратный рейс, дополнительных простоев на ВВП, которые включали в себя возможные простои из-за непогоды, шлюзования, прохода под мостами, узкостей и т.д. Другие показатели эффективности также доказывают резонность реализации приведенных в статье концептов.

Наиболее реализуемым выглядит концепт составного судна, так как реализация «вертушки», да и вообще ББС, требует гарантированных постоянных грузопотоков с развитой логистической цепочкой, что в настоящее время проблематично.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.Г. Определение главных размерений барже-буксирного состава смешанного плавания // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2013. – Вып. 3 (39). – С. 37–61.
2. Егоров А.Г. Определение весовой нагрузки судов смешанного «река-море» плавания нового поколения в начальной стадии проектирования // Морской вестник. – 2013. – №4 (48). – С. 19–22.
3. Егоров А.Г. Модели эксплуатации составов смешанного река-море плавания // Морской вестник. – 2015. – №1 (53) – С. 101–107.
4. Егоров А.Г. Математическая модель определения главных характеристик составных судов // Морской вестник. – 2015. – №2 (54). – С. 85–89.
5. Егоров А.Г. Определение весовой нагрузки самоходных судов внутреннего и смешанного плавания на начальной стадии проектирования. – Мат-лы науч.-техн. конф. «Современные технологии проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта судов, морских технических средств и инженерных сооружений» – Николаев: НУК, 2015. – С. 28–29.
6. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с. ■

У нашей страны, имеющей выходы к трем океанам планеты, должен быть сильный военно-морской флот. Проблемам его развития в последнее время уделяется немало внимания. Как известно, боеготовность флота в значительной степени зависит от того, как решаются вопросы тылового обеспечения, в каком состоянии находится вспомогательный флот.

В настоящее время в России реализуется крупномасштабная программа обновления ВМФ, которая затронет не только боевые корабли, но и вспомогательные суда разного назначения.

Сегодня на разных стадиях строительства находятся несколько десятков вспомогательных судов различных типов. По заказу ВМФ строятся транспортные суда, корабли и катера связи, разведывательные суда, спасательные суда и катера, гидрографические суда и т.д. Все они войдут в состав флота в течение нескольких лет.

Материально-техническое обеспечение кораблей представляет собой комплексную задачу, от полноты качества и своевременности решения которой зависит эффективность ведения боевых действий и боевая устойчивость кораблей.

Решение этой комплексной задачи тылового обеспечения предстоит выполнять судам нового типа – многофункциональным.

Проект 23130 судна тылового обеспечения был разработан петербургским ЗАО «Спецсудопроект» под руководством главного конструктора Анатолия Петрова и строится на класс Российского морского регистра судоходства (РС): KM Arc4 [1] AUT 1 DYNPOS-2 BWM (E-S) Supply vessel.

Суда пр. 23120 предназначены для погрузки, хранения, транспортировки и передачи сухих грузов на берег, надводные корабли, подводные лодки и суда, а также для буксирного обеспечения и оказания помощи экипажам кораблей и судов, терпящих бедствие.

Архитектурно-конструктивный тип – морское стальное однопалубное судно с винторулевыми колонками, двойным дном, двойными бортами, свободной площадью палубы в кормовой части и рубкой в носу. Снабжено носовыми подруливающими устройствами, буксирной лебедкой. Длина судна составляет 95 м, ширина – 22 м, осадка – до 8,65 м. Полное водоизмещение при осадке 8,5 м – около 9 тыс. т. Скорость – 18 уз, в ровном льду толщиной 0,6 м – 2 уз. Дальность плавания – около 5 тыс. мор. миль (около 9,2 тыс. км). Автономность – 60 сут., экипаж – 27 человек. Предусмотрены места для временного размещения до 50 человек.

Контракт на строительство серии

«ЭЛЬБРУС» КОСНУЛСЯ ВОДЫ

*И.О. Ивановский, канд. техн. наук, начальник отдела
ОАО Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 29 85*

(головное судно плюс два серийных судна) судов тылового обеспечения с высоким ледовым классом ARC4 на базе пр. 23120 для Министерства обороны РФ между ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» и Федеральным агентством по поставкам вооружения, военной, специальной техники (Рособоронпоставка) был подписан 29 июня 2012 г.

«Северная верфь» получила контракт на строительство серии новых для российского рынка судов обеспечения во многом благодаря уже имеющемуся опыту строительства судов снабжения морских буровых платформ для европейских заказчиков.

Исходя из маркетингового анализа потребностей рынка, особенностей собственной производственной базы и специализации других отечественных верфей, начиная с 2004 г., на заводе «Северная верфь» велась подготовка производства для строительства судов снабжения морских буровых платформ.

В ходе предварительных проработок проектов «Северная верфь» установила контакты с норвежскими проектантами, являющимися лидерами в разработке проектов VS 470 PSV, VS 485 PSV, VS482PSV, XboW-projects, UT722, MoSS818. Это – компании «Vik-Sandvik» (в настоящее время «Wartsila Ship Design»), «Moss Maritime», «Skipsteknisk AS», а также с владельцами судов, спроектированных этими компаниями.

Как известно, доля стоимости корпуса не превышает 35% стоимости судна, а квалифицированная достройка – остальное. В силу графика загрузки собственных производственных мощностей и относительного недоверия к новому партнеру как в части качества, так и соблюдения сроков норвежская компания «Eidsvik Drift ASB» в 2005 г. заключила контракт с нашей верфью на строительство двух насыщенных корпусов судов снабжения пр. VS470PSV Mkl. Корпуса были поставлены заказчику в 2006 г. Выполненная с высоким качеством, основанном на почти 100-летнем опыте военного кораблестроения, работа принесла свои результаты, и в 2008 г. «Северная верфь» заключила контракт с еще одной норвежской компанией «Siddis Skipper AS» на строительство также насыщенного корпуса пр. VS470PSV Mkl. В ходе строительства контракт был перезаключен на строительство этого судна также «под ключ», Судно успешно прошло

весь комплекс испытаний и передано заказчику в согласованные сроки – в сентябре 2010 г.

После завершения строительства в распоряжении верфи остались специальная оснастка, отработанные технологии, но, что самое главное, накоплен опыт полноформатного строительства современных судов-снабженцев, практически отсутствовавший в отечественном судостроении. Это обстоятельство также позволило существенно снизить затраты и сроки строительства аналогичных судов для отечественных заказчиков.

Пройдя путь от «голового» корпуса к корпусам с насыщением и от них к полностью комплектному судну (пр. VS470 PSV МКП), «Северная верфь» обеспечила себе вход на европейский рынок, предлагая вполне приемлемую цену и качество, удовлетворяющие норвежского заказчика «Siddis Skipper».

Даже с учетом низкой активности внутреннего рынка к моменту принятия решений по арктическому шельфу верфь уже в настоящее время обладает подтвержденным на западном рынке референц-листом. Учитывая проводимую правительством России политику поддержки и реструктуризации отрасли судостроения, у «Северной верфи» значительно возрастают шансы обеспечить себя заказами Газфлота, Роснефтефлота, Севморнефтегаза и других участников рынка.

Суда на базе пр. 23120 по техническим параметрам во многом схожи как с уже построенными «Северной верфью» «снабженцами» для европейских заказчиков, так и с судами пр. 22390/22391, которые должны были стать основой флота обеспечения при освоении «Газпромом» арктических шельфовых углеводородных месторождений.

Принципиальное отличие судов на базе пр. 23120 от предыдущих проектов в том, что новые суда имеют высокий ледовый класс – ARC4, т.е. могут осуществлять круглогодичное плавание в арктических морях.

Торжественная церемония закладки судна «Эльбруса» 14 ноября 2012 г. завершила цикл мероприятий, посвященных 100-летию завода «Северная верфь». Именно 100 лет назад, 14 ноября 1912 г. (1 ноября по ст. ст.) был подписан документ об открытии действия Путиловской верфи как независимого судостроительного производства общества Путиловских заводов.



На церемонии закладки принял участие Главком ВМФ России адмирал Виктор Чирков

В церемонии закладки принял участие Главнокомандующий ВМФ России адмирал Виктор Чирков. В своем выступлении он поздравил судостроителей со 100-летием предприятия, поблагодарил коллектив завода за построенные для ВМФ России корабли и отметил, что сегодня ВМФ заявляет о строительстве многофункциональных кораблей и судов ледового класса для использования в Арктической зоне. «Сейчас мы предъявляем вполне конкретные требования к предприятиям по этому вопросу. Планы пополнения флота новыми боевыми кораблями, судами обеспечения, спасательными буксирными судами учитывают то, что все они будут иметь конструкцию корпуса, позволяющую выполнять задачи в сложной ледовой обстановке Арктики».



Вывод судна «Эльбрус» из эллинга

В День Балтийского флота 18 мая этого года на заводе «Северная верфь» состоялась технологическая операция по выводу из эллинга судна «Эльбрус».

Торжественная церемония спуска на воду головного судна тылового обеспечения проекта 23120 «Эльбрус» прошла на судостроительном заводе «Северная верфь» 26 июня 2015 года.



Судно «Эльбрус» в спусковом доке



Крестная мать судна «Эльбрус» Елена Разенко и почетные гости церемонии

На праздничном мероприятии присутствовали заместитель министра обороны РФ генерал армии Дмитрий Булгаков, заместитель полномочного представителя Президента РФ в СЗФО Андрей Травников, заместитель главкома ВМФ РФ Александр Федотенков, председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга Максим Мейксин, генеральный директор Российского морского регистра судоходства Сергей Седов, директор Департамента гособоронзаказа «Объединенной судостроительной корпорации» Анатолий Шлемов и другие почетные гости.

Открывая торжественную церемонию, замминистра обороны РФ Дмитрий Булгаков отметил значимость события: «Судно такого класса строят в системе материально-технического обеспечения для ВМФ впервые. Оно обладает качествами нескольких специализированных судов: транспорта, рефрижератора, буксира, спасательного судна, плавмастерской. При его создании применялись современные технологические решения, позволяющие перевозить грузы различной номенклатуры, проводить грузовые операции и выполнять буксировочную работу в морях и океанах. Ледовый класс судна позволяет ему работать в суровых арктических широтах». По его словам, наличие в составе флота судов подобного класса позволит списать устаревшие суда постройки 60–80-х гг., что полностью соответствует концепции развития вспомогательного флота до 2020 г.

Затем к кораблям обратился заместитель Полпреда Президента РФ в СЗФО Андрей Травников. Он пожелал судостроителям «Северной верфи» успехов в реализации будущих проектов, как для нужд военных и гражданских заказчиков РФ, так и в завоевании мирового рынка.

Заместитель Главкома ВМФ РФ вице-адмирал Александр Федотенков напомнил собравшимся, как несколько лет назад на закладке «Эльбруса» каждый из командующих флотами мечтал о том, что именно на его флот придет первенец пр. 23120. «Посчастливилось Северному флоту, который находится на передовых рубежах освоения арктических районов,

стратегически важных для России». Далее он процитировал Петра Столыпина: «Спуск каждого нового корабля на воду является национальным торжеством, национальным празднеством. Это отдача морю части накопленных на суше народных сил, народной энергии».

«Наряду с серийным строительством военных кораблей, кораблей специального обеспечения мы выходим на серийное строительство уникальных судов тылового обеспечения арктического района плавания», — подвел итог своему выступлению А.Федотенков.

Стоит отметить, что имя «Эльбрус» является традиционным для кораблей и судов Российского флота. В разное время было построено семь кораблей и судов с этим именем. Первый — в далеком 1848 г. Он оказался исключительным долгожителем, прослужив в составе флота около 70 лет. Корабль участвовал в Крымской, Русско-Турецкой, Первой мировой и Гражданской войнах.

Генеральный директор Российского морского регистра судоходства Сергей Седов высказался по-военному кратко и четко: «Тылы как в жизни, так и в военно-морском флоте должны быть надежны. И «Эльбрус» — надежное судно тылового обеспечения. Регистр дает добро!».

Генеральный директор ЗАО «Спецсудопроект» Антон Соболевский был рад увидеть результаты коллективного труда конструкторов и судостроителей.

Сегодня уверенно можно сказать, что «Северная верфь», входящая в группу компаний «ОСК», вносит существенный вклад в развитие петербургского и российского судостроения. Одной из приоритетных задач «ОСК» является обеспечение растущего спроса отечественных заказчиков – ВМФ, крупнейших российских нефтегазовых и судоходных компаний.

По мнению директора Департамента гособоронзаказа «ОСК» Анатолия Шлемова, спуск на воду «Эльбруса» стал еще одним доказательством того, что верфь может справиться с любой задачей, поставленной перед ней Министерством обороны РФ.

После поздравительных слов чин освящения судна тылового обеспечения «Эльбрус» провел отец Алексей, священник заводской часовни имени Апостола Андрея Первозванного.

Когда корпус «Эльбруса» впервые коснулся воды, крестная судна Елена Разенко под аплодисменты собравшихся разбила о его борт бутылку шампанского.

В настоящий момент на стапелях завода продолжается строительство первого серийного судна обеспечения и серийных кораблей классов «корвет» и «фрегат». ■

МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ В СИСТЕМЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ СУДОВ

Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 369 6337

Рассмотрим теоретические аспекты современной теории катастроф в системе исследовательского проектирования (ИП) морских судов [1–3]. Развитие теоретических принципов этой теории реализовано на базе исследований [4–14] и концептуальных решений классической модели, разработанной французским математиком Рене Томом [12]. Основное внимание обратим на интерпретацию проектных решений на основе средств виртуального моделирования реальных динамических полей ветроволновых возмущений и взаимодействия судна в сложной динамической среде.

Практические приложения динамической модели катастроф в системе ИП рассмотрены в рамках основных механизмов функционирования виртуального моделирования проектных решений (рис. 1). На этом рисунке представлена интерпретация динамической модели катастроф [1] виде множество $B(t)$, $W(t)$, $V(t)$, с помощью которых реализуются процессы взаимодействия элементов системы. При этом бифуркационное множество $B(t)$ отображает различные пути эволюции судна в заданной динамической среде, а многообразие $W(t)$ интегрирует взаимодействие компонент динамических структур. Множества $F(V(t))$ и $F(D(t))$ через $C(t)$ обеспечивают формирование структур $B(t)$ и $W(t)$ в зависимости от особенностей поведения судна $D(t)$ в процессе эволюции на интервале реализации.

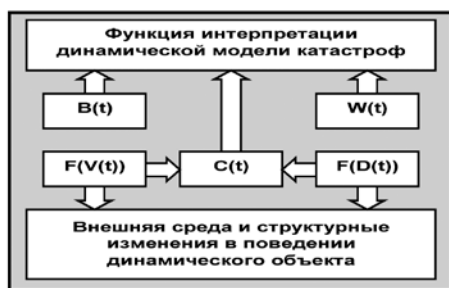


Рис. 1. Динамическая модель катастроф, отображающая область моделирования поведения объектов ИП

В рамках такой интеграции сочетаются строгие формальные методы анализа и интерпретации информации при решении задач ИП с эвристическими методами и моделями, базирующимися на достижениях современной теории катастроф и интеллектуальных технологий. Система включает ряд взаимодействующих модулей в соответствии с общей стратегией функционирования. Помимо традиционных для систем интеллектуальной поддержки модулей система содержит модули имитации, анализа и прогноза ситуации (моделирование и визуализация), организации различных видов интерфейса.

Первая, основная проблема ИП – описание внешних возмущений при решении прикладных задач динамики корабля. Она определяется необходимостью учета реальных полей ветра и волнения, заданного «климатическим спектром» морского волнения (многополюсная интерпретация) и фактической картиной динамики ветровых потоков.

Вторая проблема – это учет неопределенности при оценке поведения судна как многорежимной динамической системы под воздействием случайных возмущений. Описание неопределенности достигнуто в рамках новых представлений процесса взаимодействия на основе достижений компьютерной математики в рамках нечеткого логического базиса. Классические модели учета неопределенности с помощью вероятностной интерпретации достаточно громоздки и требуют использования значительных объемов исходных данных для получения корректных статистических оценок.

Третья проблема – математическое описание поведения судна на волнении как существенно нелинейной нестационарной динамической системы. Традиционные модели, основанные на детерминистском подходе без учета фактической картины взаимодействия корабельных и набегающих волн при высоких числах Фруда, оказываются не адекватными реальным ситуациям, наблюдаемым при эксплуатации судов. Это феномен известен уже более 50 лет. Физические эксперименты свидетельствуют о недопустимой ошибке при игнорировании реальной картины интерференции, приводящей к ошибке 100% и более. На конференции СТАВ-2006 эта проблема обсуждалась вновь и было принято решение использовать метод оценки устойчивости на волнении, разработанный в России, в качестве базовой модели при решении задач динамики судна на волнении [11]. В общем случае физическая картина определяется пульсирующей диаграммой устойчивости [1, 2] и импульсными воздействиями ветровых потоков [3]. Другая особенность математического описания связана с проблемой начальных условий. В прикладных задачах динамики корабля эта проблема имеет принципиальное значение, особенно в условиях неопределенности внешнего возмущения. В такой ситуации гораздо проще организовать вычислительный процесс в рамках обратной задачи математической физики [9], когда мы имеем более определенные начальные условия – потеря устойчивости системы (опрокидывание, потеря прочности). Адаптивный алгоритм [1–3], обеспечивающий решение этой задачи, построен с использованием метода функционала действия. Применение обратного оператора в алгоритме управления с помощью функционала действия является эффективным методом исследования поведения судна в экстремальных ситуациях, а существенная зависимость от начальных условий лежит в основе теории хаоса [5], которая определяет одно из важных направлений интерпретации поведения судна на волнении [3]. Как следует из дальнейшего анализа, многие проблемы ИП могут быть решены при реализации в системе ИП динамической модели катастроф.

Важным преимуществом программного комплекса ИП является функциональность, интегрируемость и гибкость, а также обеспечение возможности внесения изменений в рассматриваемую информационную модель вычислительной технологии.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ

Применение динамической теории катастроф, основанной на достижениях современной компьютерной математики, интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений, в задачах ИП позволит выяснить физические картины взаимодействия судна с внешней средой в различных условиях эксплуатации и построить методы и алгоритмы решения этих задач с учетом следующего:

1) моделирования различных модификаций «климатических спектров» морского волнения, характерных для заданных районов эксплуатации судна.

2) моделирования реальной структуры ветровых возмущений в виде воздействия импульсных процессов на судно, расположенное с различными курсовыми углами на волнении.

3) использования стохастических моделей взаимодействия, учитывающих реальные аппроксимации динамических характеристик судна и ветроволновых возмущений при оценке мореходных качеств и прочности судна в реальных условиях эксплуатации.

Указанные преимущества динамической теории катастроф в ИП поддерживаются результатами физического моделирования.

Динамическая теория катастроф рассматривает управляемый процесс взаимодействия судна с внешней средой на основе конкурирующих вычислительных технологий в рамках концепции «мягких вычислений» [14]. Введение механизма самоорганизации в расчетные модели позволяет глубже понять физические процессы, протекающие в реальных системах, а интерпретация проектных решений с использованием теории нечетких систем – формализовать конструктивные решения в зависимости от особенностей мореходности и прочности на основе принципа адаптивного резонанса [1–3]. Концепция конкурирующих вычислительных технологий обеспечивает наилучшее решение задачи оценки динамики судна в условиях неопределенности, а теория энтропийного потенциала [6] – рассмотрение режимов движения судна в зависимости от уровня неопределенности [3]. Построение функции интерпретации фазовых состояний динамической системы открывает новые возможности решения сложных задач динамики судна при воздействии экстремальных волн и импульсных процессов в условиях неопределенности ситуации и действующих ограничений [3, 5]. Использование метода функционала действия [1] является эффективным методом исследования поведения судна в экстремальных ситуациях. Все эти проблемы обсуждались в течение последних 20 лет на Международных конференциях по обеспечению безопасности мореплавания STAB 1994–2015 г. и получили развитие в ИП морских судов ведущих стран.

Особенности динамики судна в реальных условиях эксплуатации положены в основу разработки аналитической и геометрической компонент современной теории катастроф. Теоретические аспекты новой концепции обсуждались на Международных форумах по развитию науки и образования современного общества в 2009–2015 гг., а монография [1] отмечена престижными премиями имени Альберта Эйнштейна (США, 2011) и Исаака Ньютона (Великобритания, 2012). Ниже рассмотрены некоторые принципиальные аспекты реализации моделей современной теории катастроф в практике ИП. Основное внимание обращено на проблему внешних сил и динамику взаимодействия в условиях нелинейности и нестационарности исследуемых физических процессов и динамических картин взаимодействия.

ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И КРИТЕРИАЛЬНЫЙ БАЗИС ИП

Выбор и принятие решений при моделировании динамики судна в системе ИП предусматривает анализ данных и функциональных зависимостей, причинно-следственных связей и стратегий обработки информации. Их полнота и достоверность определяются характером решаемых задач, целями и системами приоритетов, стратегиями и сценариями, которым следует конструктор, принимая конкретное решение при анализе динамики судна. Выбор решения связан с имеющимися временными, информационными, методологическими ресурсами и возможностями программного комплекса ИП, функционирующего на базе достижений компьютерной математики и интеллектуальных технологий обработке информации в мультипроцессорной вычислительной среде [1–3]. Парадигма обработки информации предусматривает

использование двух теоретических принципов (рис. 2) позволяющих обеспечить рациональную организацию вычислительной технологии в задачах анализа проектных решений, а также формализовать поток информации при реализации моделей, основанных на теории нечеткой логики. Используемые процедуры обработки информации при реализации этих принципов отражают процесс функционирования вычислительного комплекса ИП – от момента получения исходной информации – до процедуры принятия решений и выработки практических рекомендаций по совершенствованию конструктивных решений.

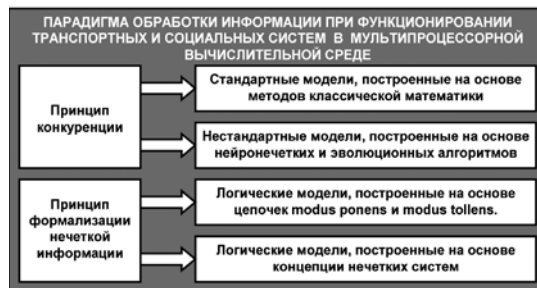


Рис. 2. Поток информации при реализации парадигмы обработки информации в системе ИП

Процедуры самоорганизации, заложенные в формализованную систему знаний ИП, реализуют синергетическую теорию управления на основе принципа адаптивного резонанса [1]. Важной особенностью системы знаний ИП, использующей этот принцип, является возможность сохранения свойства пластичности при запоминании новой информации в процессе создания новой техники и технологий, а также предотвращение модификации исходной системы знаний ИП за счет формирования новых моделей, описывающих возникшую нестандартную ситуацию в процессе проектирования.

Формальную модель информационной среды $M(S)$ анализа текущих ситуаций при функционировании системы ИП можно представить в виде обобщенной структуры [1–3]: $M(S) = \langle F(S), S(t), B(AR), D(Q, W, V), U(PC) \rangle$, (1) где $F(S)$ – функциональные компоненты, поддерживающие процесс анализа и выбора проектных решений; $S(t)$ – исследуемые ситуации, определяющие поведение судна в заданной динамической среде; $B(AR)$ – динамическая база знаний, обеспечивающая управление и принятие проектных решений; $D(Q, W, V)$ – обобщенная база данных; $U(PC)$ – управляющий программный комплекс.

Структура $F(S)$ содержит исполнительные модули прикладных систем и служебные модули, обеспечивающие совместную работу объединяемых систем ИП. Эти модули взаимодействуют с динамической базой знаний $B(AR)$ и обобщенной базой данных $D(Q, W, V)$. Управляющий программный комплекс $U(PC)$ обеспечивает функционирование системы $M(S)$ в режиме интерактивного взаимодействия с конструктором. Обобщенная база данных $D(Q, W, V)$ содержит данные Q об объектах системы ИП, характеристиках множеств W и V , определяющих заданную картину ветроволновых возмущений. Структура управления программными системами представлена на основе сетевых моделей упорядочения событий в соответствии с логикой системы и потоком информации в текущей ситуации.

Параметрическое семейство функций, определяющих информационные модели вычислительной технологии ИП на основе динамической модели катастроф [1], имеет вид

$$R^n \rightarrow R, f_{u_1}, \dots, f_{u_r}(x_1, \dots, x_n), \quad (2)$$

что эквивалентно

$$f: R^n \times R^r \rightarrow R, \quad (3)$$

где R^n – пространство поведения, определяющее взаимодействие судна с внешней средой в исследуемой ситуации;

R^* – пространство управления, обеспечивающее решение проектных задач принятия решений. Наша цель состоит в том, чтобы классифицировать свойства этих пространств с позиций концептуальных решений динамической теории катастроф. На основе такой интеграции необходимо выполнить анализ поведения в сложной динамической среде.

Информационная модель знаний проблемной области ИП реализуется на базе формализованных моделей, определяющих выделенные объекты и связи между ними. Такая модель позволяет осуществлять оценку соответствия динамики текущей ситуации процессам, происходящим в реальной системе с помощью системы критериев. Основным принципом построения критериальной базы ИП состоит в том, что адаптивные модели задач ИП считаются адекватными процессу взаимодействия судна с внешней средой, если выполняется условие нечеткого критерия

$$v_{CA}(s_1^*, s_1^{AM}) \geq t_R, \quad (4)$$

где t_R – нечеткое равенство ситуаций $t_R \in [0,8; 1,0]$, заданное в зависимости от уровня неопределенности ситуации. Выбор конкретного значения функции принадлежности (ФП) зависит от жесткости требований к точности адаптивной модели.

При функционировании системы ИП происходит накопление новой информации и корректировка базы знаний, которая совершенствуется и расширяется за счет включения новых теоретических решений, моделей взаимодействия и результатов экспериментальных исследований. Такая интеграция обеспечивает внутренний детектор новизны – тест на сравнение предъявленной нестандартной ситуации (нового образа, технического решения) с содержимым ансамбля логических правил в системе управления процессом ИП.

ПРОБЛЕМА ВНЕШНИХ СИЛ И ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙВИЯ В МОДЕЛЯХ ИП

В соответствии с принятой функциональной структурой формируется модель знаний ИП. Виртуальное пространство знаний использует инструментальные средства ИП, с помощью которых реализуются информационная среда анализа и интерпретации проектных решений, обеспечивающая интеллектуальную поддержку конструктора (рис. 3). Формирование концептуальной модели виртуального пространства ИП предусматривает генерацию альтернативных концепций, анализ вариантов и выбор предпочтительной вычислительной технологии в рамках принципа конкуренции. Такая формализация определяет создание процедур и разработку различных подходов к выбору предпочтительного варианта решения из множества альтернатив на основе методов поиска решений.



Рис. 3. Поток информации при обработке данных в системе ИП

Виртуальное моделирование. Теория, методы и технологии разработки различных классов задач виртуального моделирования в системе ИП охватывают различные проблемные области. Сложность и взаимосвязь этих областей выдвигают на первый план задачу оценивания качества моделей, анализа и упорядочения различных классов, обоснованного син-

теза новых моделей и выбора наиболее предпочтительных из них для решения прикладных задач ИП. Актуальность проблемы возрастает, если исследуемый объект описывается полимодельным вычислительным комплексом, в состав которого входят разнородные и комбинированные модели, каждая из которых оценивается своей системой показателей. Процедуры виртуального моделирования формируются как некоторое множество компонентов (рис. 4).

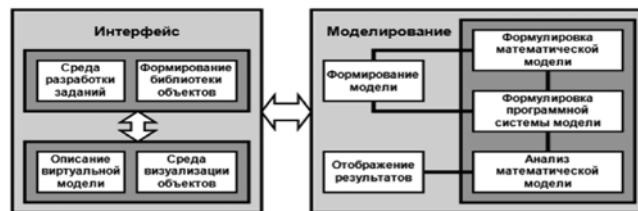


Рис. 4. Система виртуального моделирования в системе ИП

Динамика внешней среды. Волновое воздействие в системе ИП задается «климатическим спектром». Гидродинамическая модель волнения в спектральной форме представляется как уравнение баланса волновой энергии [1–3]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial \varphi} \dot{\varphi} + \frac{\partial N}{\partial \theta} \dot{\theta} + \frac{\partial N}{\partial k} \dot{k} + \frac{\partial N}{\partial \beta} \dot{\beta} + \frac{\partial N}{\partial \omega} \dot{\omega} = G. \quad (5)$$

Здесь N – спектральная плотность волнового действия, которая является функцией от широты j , долготы q , волнового числа k и угла b между направлением волнового вектора и параллелью, а также от частоты ω и времени t . Это уравнение связывает между собой явления притока энергии от ветра, диссипации и ее перераспределения и нелинейного взаимодействия между частотными составляющими процесса волнения. Чаще всего функция источника записывается в виде суммы трех компонентов $G = G_{in} + G_{nl} + G_{ds}$ (поступление энергии от ветра к волнам, нелинейное взаимодействие в спектре ветрового волнения и диссипация волновой энергии соответственно).

Динамика ветровых потоков. Воздействие ветра моделируется в зависимости от рассматриваемой ситуации. Наибольшее распространение в практических оценках динамики судна получили простейшие схемы воздействия ветра, принятые в системах нормирования остойчивости различных стран. В более сложных ситуациях, реализуемых на основе динамической теории катастроф, используется представление ветровых потоков в виде взаимодействия геофизических полей [2]. Такое представление позволяет моделировать динамику судна в условиях нестационарных порывов ветра и нерегулярного волнения. На рис. 5 показан фрагмент реализации ветрового потока (флуктуации сглажены). Здесь цифрами 1, 2, 3 обозначены различные схемы воздействия ветровой нагрузки. Таким образом, задачу исследования ветрового потока можно сформулировать как задачу модификации стандартной модели расчета полей приводного ветра по полям давления таким образом, чтобы результат моделирования в наилучшей степени согласовывался с данными наблюдений. Оптимальные параметры и структура модели определяются на основе процедуры идентификации с использованием параллельного алгоритма [2].

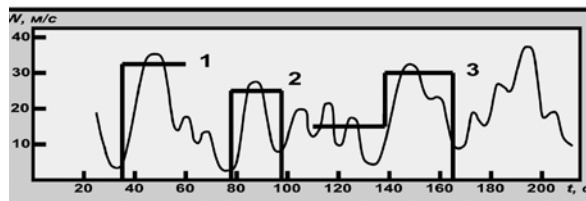


Рис. 5. Фрагмент реализации ветрового потока и типичные схемы его представления

Динамика взаимодействия. Математическая модель при исследовании динамики взаимодействия судна с внешней средой описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений [1] – [3], которая в общем виде представляется как:

$$F_i[\ddot{x}_i, \dot{x}_i, x_i, t, X_{i1}, \dots, X_{im}, Y_{i1}, \dots, Y_{in}] = 0, \quad (6)$$

где $F_i(\cdot)$ – нелинейные функции; x_i – линейные и угловые перемещения; X_{i1}, \dots, X_{im} – параметры ДО; Y_{i1}, \dots, Y_{in} – возмущающие силы и моменты $i = 1, 2, \dots, 6$.

Реализация системы (5) осуществляется с учетом нелинейной пространственной функции, характеризующей динамику судна в сложных ситуациях. При этом рассматриваются различные методы исследования нелинейных стохастических систем: методы Фоккера-Планка-Колмогорова, Монте-Карло, функционала действия, а также современные модели интерпретации динамики сложных систем на основе теории итерированных функций (СИФ) – пульсирующая «потенциальная яма», импульсные воздействия, а также блуждающие алгоритмы и нейронечеткое и нейроэволюционное моделирование [3]. Такой полимодельный комплекс ИП, позволяет решать сложные задачи, возникающие при разработке новых технических решений, адекватность которых определяется условием:

$$Y \in \Omega \quad c \in C_m, \quad (7)$$

где Ω – область, ограничивающая поведение модели в исследуемой динамической среде; C_m – цели и задачи экспериментальных исследований на базе методов математического и физического моделирования.

Оценка адекватности моделей. Процедура построения адекватной модели связана с решением проблемы выбора класса модели и области Ω . Мерой отклонения поведения модели является функция штрафа (неадекватности):

$$f(Y, \Omega) = \begin{cases} 0 & \text{при } Y \in \Omega; \\ \varphi(Y, \Omega) & \text{при } Y \notin \Omega, \end{cases} \quad (8)$$

построение которой ведется на основе данных физического моделирования.

Реализация процедуры (7) ведется на основе схемы О. Балчи [10], имеющей 3-х циклическую структуру. Первый цикл связан с разработкой математической модели (М): оцениваются общая структура и компоненты модели. Второй цикл относится к реализации соответствующих математических (имитационных) экспериментов (S) и третий – физических (P) экспериментов. Модификация этой схемы разработана автором в институте прикладной математики РАН с учетом фактора неопределенности и возможности использования в моделях современной компьютерной математики (нейронечеткое и нейроэволюционное моделирование) [3].

СТРАТЕГИЯ ПОИСКА И ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Требования конструктора к результату задачи, решаемой с помощью вычислительного комплекса ИП, можно характеризовать количеством и полнотой решений, а также свойствами результата и способа его получения. Наиболее эффективной в системе интеллектуальной поддержки ИП является стратегия упорядоченного направленного поиска, которая основана на реализации механизма автоматизированного выбора наиболее подходящего варианта. В основе реализации данного механизма лежит принцип использования правил принятия решений.

Задача поиска решений в условиях неопределенности связана с рассмотрением отображения, с помощью которого необходимо выполнить анализ проектных решений на основе достижений классической математики и интеллектуальных технологий, интегрированных в динамической модели катастроф [3]. Четкое разделение указанных сред связано с решением проблемы выбора границы области неопределенности

«где начинается и кончается недопустимость» [1]. Решение этой задачи ведется в каждом конкретном случае в зависимости от особенностей ситуации и сложности разрабатываемого решения. При учете неопределенности используются различные оценки, наиболее простой из них является оценка с помощью конкурентного отношения [3]

$$\varphi_k = K_C (Y_A \cdot \Phi_A \cap Y_B \cdot \Phi_B), \quad (9)$$

где K_C – коэффициент, принимающий следующие значения: слабая неопределенность $K_C > 0,8$; значительная неопределенность $K_C = 0,6-0,8$; полная неопределенность $K_C < 0,6$; Y_A и Y_B – области нечетких отношений для конкурирующих моделей; Φ_A и Φ_B – графическая интерпретация нечетких отношений.

Нарушения системного гомеостаза в системе (8) определяет отношение $\varphi_m = \max \varphi_k$.

Многоэтапный процесс принятия решений. Задача принятия решений (ПР) в условиях неопределенности с учетом конкурирующего отношения (8) рассматривается в рамках многоэтапного процесса принятия решений Беллмана – Заде [13] с помощью конечного множества возможных состояний системы проектных решений X и конечного множества U значений управляющего параметра. Состояние системы и параметр управления в момент времени t обозначим x_t и u_t . Функционирование системы ПР, определяющее ее переходы из состояния в состояние, описывается системой уравнений состояния:

$$x_{t+1} = f(x_t, u_t), \quad t = 0, 1, \dots, N-1, \quad (10)$$

где отображение

$$f = X \times U \rightarrow \mathfrak{R}; \quad (11)$$

$\mathfrak{R} \subset X$ – класс нечетких подмножеств множества X .

Управление системой ПР на интервале времени от 0 до $N-1$ при начальном состоянии x_0 формулируется как нечеткая цель управления в виде нечеткого подмножества G_N множества \mathfrak{R} . Нечеткая цель G_N представляет собой ограничение на состояние системы $x_N(x_0, u_0, \dots, u_{N-1})$ в виде нечеткого множества $U \times \dots \times U$, а состояние системы как $x_N(x_0, u_0, \dots, u_{N-1})$. Задача заключается в выборе управляющих воздействий u_0, u_1, \dots, u_{N-1} , удовлетворяющей нечетким ограничениям и обеспечивающей достижение нечеткой цели G_N .

Стратегия оценки эффективности системы ИП. Стратегия оценки моделей ПР вычислительного комплекса ИП при реализации многоэтапного процесса принятия решений представлена на рис. 6.



Рис. 6. Поток информации, определяющий стратегию ПР в системе ИП

Формализация процедур ПР в системе ИП осуществляется на основе учета факторов, характеризующих априорную информацию, концепцию минимальной длины описания [4] и теорию сложности [8]. В рамках такого представления можно сформулировать общий алгоритм вычислительного комплекса, обеспечивающий преобразование информации в сложной динамической среде [3]:

$$\{W(t) \times V(t)\} \rightarrow \Omega(\theta, \psi, \dots, \zeta, [t_1, t_k]), \quad (12)$$

где $\{W(t) \times V(t)\}$ – нестационарные возмущения внешней среды; $W(\cdot)$ – область поведения судна под воздействием внешних возмущений; (q, y, \dots, z) – параметры, определяющие динамику судна в текущей ситуации; $[t_1, t_k]$ – интервал реализации.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Комплексный показатель оценки технического уровня разрабатываемой технологии создания морской техники в процессе ИП с учетом фактора неопределенности формируется на основе методов анализа альтернатив в нечеткой среде [3]: формируются альтернативные варианты проектных решений ($S_j, j = 1, \dots, m$), каждый из которых характеризуется значениями существенных факторов, определяющих динамику судна – показателей X_i ($i = 1, \dots, n$), устанавливаются границы интервальных значений этих показателей $X_{oi} \in [X_{oi\min}, X_{oi\max}]$, $\forall i = 1, \dots, n$ базового (гипотетического) варианта проектного решения и находятся оценки комплексного показателя технического уровня вариантов проектных решений [3]. Этот показатель определяется с учетом коэффициента сложности системы на основе функции интерпретации:

$$\Phi(Q, n) = [Q(i=1), n=0, \dots, Q(i=n), n=(n-1)]. \quad (13)$$

Значение комплексного показателя $\Phi(Q, n)$ разрабатываемой технологии создания средств морской техники лежит в определенных пределах, границы которых характеризуются шкалой оценок: $W_j = 1,0-0,90$ – весьма перспективный вариант; $W_j = 0,89-0,80$ – перспективный вариант; $W_j = 0,79-0,50$ – малоперспективный вариант; $W_j \leq 0,50$ – неперспективный вариант.

Проблема интеллектуальности технических решений в системе ИП связана со способностью программного комплекса решать поставленную задачу и обучаться на основе имеющейся информации. Цепочка преобразования информации «Стратегии – принципы – методы и алгоритмы» определяет сложность и универсальность теории ПР. Структура обучающегося механизма показана на рис. 7.

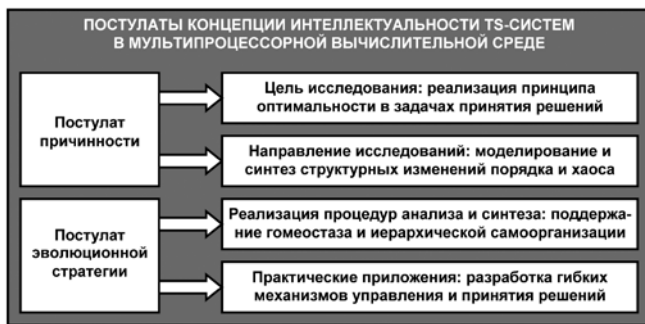


Рис. 7. Структура обучения при контроле динамики TS-систем

ПРИЗНАНИЕ ВЫРУЧКИ

Влияние способа признания выручки на показатели отчетности продемонстрируем следующим примером: предположим, организация заключила контракт на строительство судна стоимостью 100 000 тыс. руб., НДС не облагается. Срок постройки – три года. Плановая себестоимость определена в сумме 80 000 тыс. руб. В течение первого года постройки заказчик перечислил аванс 5000 тыс. руб., второго – 65 000 тыс. руб., в третьем году осуществлен окончательный расчет в размере 30 000 тыс. руб. Стоимость задела незавершенного производства на конец первого года составила 10 000 тыс. руб., второго – 40 000 тыс. руб. Контрактом предусмотрено час-

ОСОБЕННОСТИ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА В СУДОСТРОЕНИИ

ЧАСТЬ 3*

Е. В. Алексеева, канд. эконом. наук, зам. директора по экономике и финансам – главный бухгалтер ОАО «СФ «Алмаз», контакт. тел. (812) 350 0433

тичная сдача-приемка работ по этапам: стоимость первого этапа – 30 000 тыс. руб., второго – 50 000 тыс. руб., третьего – 20 000 тыс. руб. Для упрощения расчетов предположим, что этапы закрываются в конце соответствующего года. Показатели финансовой отчетности при различных способах признания выручки приведены в табл. 7.

Расчет выручки методом «по мере готовности»:
за первый год
 $10\,000/80\,000 \times 100\,000 = 12\,500$;
за второй год
 $40\,000/80\,000 \times 100\,000 - 12\,500 = 37\,500$;
за третий год
 $100\,000 - 12\,500 - 37\,500 = 50\,000$.

* Часть 1 – см «Морской вестник», 2014, №4(52), с.124, часть 2 – см «Морской вестник», 2015, №1(53), с. 37.

Как видно из табл. 7, независимо от используемого метода признания выручки, по окончании постройки была признана прибыль в размере 20 000 тыс. руб. Однако по периодам размер признанного финансового результата, структура и валюта баланса отличались

очень существенно. Таким образом, метод признания выручки сильно влияет на значение показателей отчетности.

Это также можно проиллюстрировать на примере отчетности ОАО «ПО «Севмаш». Организация применила метод признания выручки

по «мере готовности» ретроспективно с 01.01.2010 г. с корректировкой входящего остатка по статье бухгалтерского баланса «Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)». В результате корректировки показатель непокрытого убытка по состоянию на 01.01.2010 г. уменьшился на 3 261 625,9 тыс. руб. и составил 1 776 845,0 тыс. руб. В табл. 8 приведен расчет корректировки.

Выручку методом «по мере готовности» признает ОАО «СФ «Алмаз» (с 2008 г.), ОАО «Адмиралтейские верфи» (с 2010 г.), ОАО «СЗ «Северная верфь». Аудиторское заключение по отчетности ОАО «Завод «Красное Сормово» содержит оговорку о неприменении требований ПБУ 2/2008 «Учет договоров строительного подряда».

В связи со сближением с международными стандартами финансовой отчетности в будущем единственно возможным методом признания выручки по договорам с длительным циклом производства будет метод по мере готовности. Предпосылками его применения должно стать развитие механизмов ценообразования и повышение исполнительской дисциплины. Корректировка проектов постройки корабля, использование ориентировочных цен и перенос сроков сдачи продукции затрудняет применение данного метода в настоящее время.

РЕЗЕРВЫ ПРЕДСТОЯЩИХ РАСХОДОВ

Традиционно в учете создавались резервы на гарантийное обслуживание заказов, ремонт основных средств, предстоящую оплату отпусков и выплату вознаграждений за выслугу лет (по итогам работы за год). Это было регламентировано п. 72 «Положения по ведению бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности в РФ». Там же была указана

Таблица 7
Сравнение различных способов признания выручки, тыс. руб.

Показатель	Признание финансового результата по акту приемки	Признание финансового результата по этапам	Признание финансового результата по мере готовности
По итогам (на конец) первого года постройки			
Выручка	-	30 000	12 500
Себестоимость	-	10 000	10 000
Прибыль	-	20 000	2 500
НЗП	10 000	-	-
Дебиторская задолженность	-	25 000	-
Не предъявленная к оплате начисленная выручка	-	-	7 500
Авансы полученные	(5 000)	-	-
Нераспределенная прибыль	-	(20 000)	(2 500)
По итогам (на конец) второго года постройки			
Выручка	-	50 000	37 500
Себестоимость	-	30 000	30 000
Прибыль	-	20 000	7 500
НЗП	40 000	-	-
Дебиторская задолженность	-	10 000	-
Авансы полученные	(70 000)	-	(20 000)
Нераспределенная прибыль	-	(40 000)	(10 000)
По итогам (на конец) третьего года постройки			
Выручка	100 000	20 000	50 000
Себестоимость	80 000	40 000	40 000
Прибыль	20 000	(20 000)	10 000
Нераспределенная прибыль (баланс)	(20 000)	(20 000)	(20 000)

Примечание: показатели пассива баланса указаны в скобках

Таблица 8
Расчет корректировки входящего остатка, руб.

Непредъявленная к оплате начисленная выручка на 01.01.10	Отложенный НДС на 01.01.10	Сумма фактических расходов на 01.01.10	Прибыль (убыток) на 01.01.10
101 105 274 270	8 163 495 597	89 680 152 773	3 261 625 900

Источник: бухгалтерская отчетность за 2010 г. ОАО «ПО «Севмаш»

Таблица 9
Состав задолженности на 31.12.2013 г., тыс. руб.

Показатель	ОАО СЗ «Северная верфь»	ОАО «Адмиралтейские верфи»	ОАО «Завод «Красное Сормово»	ОАО «СФ «Алмаз»	ОАО «ПО «Севмаш»
Долгосрочная дебиторская задолженность, в том числе:	4 821 828	3 057 539	-	-	31 007 972
авансы выданные	4 821 828	3 056 769	-	-	31 007 745
прочая	-	770	-	-	227
Краткосрочная дебиторская задолженность, в том числе:	17 697 218	18 833 901	501 461	1 028 717	18 152 302
расчеты с покупателями и заказчиками	1 160 805	825 865	21 356	10 941	3 460 066
авансы выданные	11 234 385	15 982 299	372 806	782 539	13 728 048
прочая	5 302 028	2 025 737	107 299	235 237	964 188
Кредиторская задолженность краткосрочная, в том числе:	32 596 849	23 895 427	5 379 594	2 987 851	68 051 982
расчеты с поставщиками и подрядчиками	1 836 066	5 061 056	31 958	293 610	2 102 252
авансы полученные	28 187 006	17 146 507	4 242 173	1 339 991	48 456 639
расчеты по налогам и сборам	54 493	73 247	546 506	4 171	513 318
кредиты	2 312 160	1 313 019	360 000	985 652	8 492 204
прочая	207 124	301 598	198 957	364 427	8 487 569
Кредиторская задолженность долгосрочная, в том числе:	44 852 567	29 100 953	1 910 000	-	97 504 211
кредиты и займы	37 604 379	16 882 336	1 910 000	-	18 499 886
авансы	7 248 188	12 218 617	-	-	79 004 325

цель резервирования – обеспечение равномерного включения предстоящих расходов в издержки производства. В настоящее время данный пункт из Положения исключен и с 2011 г. действует Положение по бухгалтерскому учету 8/2010 «Оценочные обязательства, условные обязательства и условные активы». Данное положение трактует *резерв как обязательство*. Это означает, что одним из условий признания резерва является существование обязанности. Этому условию не удовлетворяет резерв на ремонт основных средств, если только необходимость ремонта не установлена законодательно. Также сомнительна возможность резервировать расходы на выплату вознаграждений за выслугу лет и по итогам работы за год. С резервом на предстоящую оплату отпусков иная ситуация. Если на конец года работник не отгулял отпуск полностью, то у организации существует обязательство выплатить ему отпускные в следующем году при использовании отпуска либо выплатить компенсацию за неиспользованный отпуск. В любом случае у организации произойдет уменьшение экономических выгод.

В судостроении распространена практика создания резервов на гарантийное обслуживание и ремонт заказов, что объясняется наличием соответствующих условий в договорах. Сумма может рассчитываться на основе фактических данных за прошлые годы или методом калькулирования.

При расчете суммы резерва на основе фактических данных за прошлые периоды определяется доля затрат на гарантийное обслуживание в выручке по заказам, по которым истек срок гарантийного обслуживания. Далее этот показатель умножается на величину выручки по заказу.

Похожая методика создания резерва предусмотрена в налоговом учете в ст. 267 Налогового Кодекса РФ. Данный метод более подходит для крупносерийного производства, нежели для судостроения.

При расчете сметы для формирования гарантийного резерва необходимо учитывать место дислокации судна, а также состав группы гарантийного обслуживания. Эти данные важны для расчета затрат на проезд, суточных и оплату гостиницы членам группы. В смету могут быть включены расходы на оплату услуг контрагентов, если есть необходимость в присутствии их исполнителей в месте дислокации заказа.

С трактовкой резервов как обязательства у организации появляется обязанность по их отражению в отчетности независимо от желания организации. Порядок создания резервов должен быть закреплен в учетной политике.

Например, ОАО «СЗ «Северная верфь» установила, что «резерв на гарантийные обязательства (ГО) конкретного заказа создается в соответствии с бланком заказа на выполнение гарантийных обязательств по заказу, выпущенному управлением экономики на основе данных о планируемых затратах. Указанный бланк заказа ежегодно перепускается в связи с изменением гарантийных обязательств, ростом цен и пр. (что рассматривается Обществом как дисконтирование долгосрочных обязательств). Формируемый резерв не должен превышать ожидаемых расходов на ремонт и гарантийное обслуживание, предусмотренных в плане на выполнение гарантийных обязательств с учетом срока гарантии».

В судостроении имеются примеры создания резервов по убыточным договорам и на прочие предвиденные расходы (например, комиссионное вознаграждение, дополнительные испытания). В ближайшем будущем ожидается более широкое применение методов резервирования при составлении отчетности.

УЧЕТ ДЕБИТОРСКОЙ И КРЕДИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ

Характерным для судостроения является наличие большого объема авансовых платежей: авансов, полученных в составе кредиторской задолженности, и авансов, выданных в составе дебиторской задолженности. Это отражает следующий бизнес-процесс: организация получает денежные средства от генерального заказчика и перечисляет их соисполнителям для финансирования производства оборудования с длительным циклом производства (двигателей, систем управления, систем навигации).

Состав задолженности некоторых судостроительных предприятий России на 31.12.2013 г. приведен в табл. 9.

Основными кредиторами являются Министерство обороны РФ, Федеральная служба безопасности, ОАО «Росооборонэкспорт» и инозаказчики, нефтяные и газовые компании. Также существует устойчивая кооперация между самими судостроительными заводами. Например, в 2013 г. «Красное Сормово» изготовило в адрес «Адмиралтейских верфей» продукцию на заказ № 01675 стоимостью 179 967 тыс. руб.

В составе прочей задолженности могут быть отражены отложенные расчеты по НДС, реструктуризированная задолженность перед бюджетом, выданные бездоходные векселя, займы, поступления от акционеров, расчеты по претензиям и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время идет осознание необходимости смены конфигурации

учета. Если в прошлом веке основной задачей было полное и достоверное отражение хозяйственных операций, то сейчас субъекты хозяйственной деятельности предъявляют более жесткие требования к отчетности. Важнейшими становятся прогнозирование будущих финансовых результатов и способность организации выполнить свои обязательства. Отчетность направлена на будущее. Это достигается путем внедрения методов резервирования, учета событий после отчетной даты, изменением способов признания доходов и расходов.

В судостроении в ближайшие годы будет расширяться применение методов признания выручки по мере готовности, увеличится число резервов под неликвидные активы, будут формироваться резервы под оценочные обязательства. Изменения также ожидаются в сфере государственных закупок и ценообразования, которые могут повлечь корректировку порядка учета затрат на незавершенное производство и готовую продукцию, методов распределения накладных расходов. В этих условиях возрастает важность грамотных профессиональных суждений специалистов бухгалтерских служб, поскольку именно они делают отчетность нужной и полезной для внешних пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налоговый Кодекс РФ, ч. 1 и 2.
2. Классификация основных средств, включаемых в амортизационные группы. Утв. Постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 № 1.
3. Положение по ведению бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности в РФ. Утв. приказом Минфина РФ от 29.07.1998 г. № 34н.
4. Положение по бухгалтерскому учету «Учет договоров строительного подряда» (ПБУ 2/2008). Утв. приказом Минфина РФ от 24.10.2008 № 116н;
5. Положение по бухгалтерскому учету «Оценочные обязательства, условные обязательства и условные активы» (ПБУ 8/2010). Утв. приказом Минфина РФ от 13.12.2010 г. № 167н;
6. ОК 013–94 «Общероссийский классификатор основных фондов». Утв. постановлением Госстандарта РФ от 26.12.1994 № 359.
7. Отчет эмитента за 1-й кв. 2014 г. ОАО «Завод «Красное Сормово».
8. Отчет эмитента за 1-й кв. 2014 г. ОАО Судостроительный завод «Северная верфь».
9. Отчет эмитента за 1-й кв. 2014 г. ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз».
10. Бухгалтерская отчетность за 2013 г. ОАО «ПО «Севмаш».
11. Бухгалтерская отчетность за 2013 г. ОАО «Адмиралтейские верфи».
12. <http://ru.wikipedia.org>
13. <http://army-news.ru/2013/11/kto-stroit-rossijskij-vertolyotonosec-mistral/>

Примечание: Нормативные акты использованы в редакции, действующей на 01.10.2014 г. ■

В современных частотно-регулируемых электроприводах, которые считаются наиболее перспективными для судовых турбомеханизмов (насосов, вентиляторов), мощностью от единиц до сотен киловатт силовая часть, как правило, выполняется по типовой схеме. В соответствии со схемой в состав силовой части электропривода входят:

- исполнительный двигатель, нагруженный на турбомеханизм;

- статический преобразователь частоты, состоящий из неуправляемого выпрямителя и автономного инвертора с широтно-импульсной модуляцией напряжения.

Кроме того, в состав силовой части электропривода входит звено, обеспечивающее режим генераторного торможения исполнительного двигателя и состоящее из тормозного резистора, конденсатора и транзисторного ключа.

Важнейшим достоинством генераторного режима торможения является его органичность, заключающаяся в том, что он возникает автоматически. То есть для его реализации не требуется применять специальные схемотехнические или алгоритмические решения. В то же время этому способу присущ и серьезный недостаток, заключающийся в наличии в составе электропривода тормозного резистора. Включение в состав электропривода этого элемента приводит к значительному увеличению удельных массогабаритных показателей электропривода в целом. К тому же, если работа электропривода сопровождается частыми сменами режимов, то возникает проблема отвода тепла, выделяющегося на тормозном резисторе.

В настоящей работе приводятся результаты исследования особенностей синтеза частотно-регулируемых электроприводов, в которых реализация переходных процессов, в частности режимов электрического торможения, осуществляется с использованием не традиционно применяемого способа генераторного торможения, а с помощью динамического торможения. Реализация этого способа не требует применения тормозных резисторов, в результате чего появляется возможность создания частотно-регулируемых электроприводов, свободных от недостатка, указанного выше. Для создания режима динамического торможения обмотку статора асинхронного двигателя отключают от трехфазной сети переменного тока и подключают к источнику постоянного напряжения. Протекающий в результате этого по обмотке статора постоянный ток создает в воздушном зазоре неподвижный в пространстве магнитный поток. В результате взаимодействия неподвижного магнитного поля, создаваемого обмоткой статора, и током, протекающим в проводнике ротора, на последнем будет создаваться тормозная электромагнитная мо-

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СУДОВЫХ ТУРБОМЕХАНИЗМОВ

В.И. Вершинин, канд. техн. наук, доцент,
Б.Ю. Васильев, канд. техн. наук, ассистент,
 Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
А.Н. Богданов, инженер-программист АО «Новая ЭРА»,
 контакт. тел. (812) 610 0255

мент. В качестве источника постоянного напряжения обычно используют управляемые выпрямители, укомплектованные понижающими трансформаторами. Наличие понижающих трансформаторов объясняется тем, что при подключении обмотки статора к источнику постоянного напряжения, последняя будет обладать только омическим сопротивлением, величина которого для двигателей средней и большой мощности невелика.

В частотно-регулируемых электроприводах для реализации режима динамического торможения можно использовать автономный инвертор напряжения, который входит в состав статического преобразователя частоты. При этом алгоритм работы инвертора в режиме динамического торможения должен выглядеть следующим образом. А именно: система управления инвертором должна формировать импульсы, поступающие на затворы только двух транзисторных ключей. В этом случае к двум фазам обмотки статора, соединенным последовательно, будет прикладываться постоянное напряжение. Величина этого напряжения может плавно регулироваться за счет того, что транзисторные ключи инвертора будут

работать в импульсном режиме с коэффициентом заполнения, величина которого может плавно регулироваться с помощью системы управления. Иными словами, автономный инвертор напряжения должен перейти в режим широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения. При этом величина среднего значения напряжения, прикладываемого к статору двигателя,

$$U_{cp} = \gamma U_d, \quad (1)$$

Здесь U_d – величина напряжения на выходе неуправляемого выпрямителя, входящего в состав статического преобразователя частоты; γ – коэффициент заполнения импульсов напряжения на выходе инвертора.

Функциональная схема одного из возможных вариантов построения электропривода, в котором реализован режим динамического торможения, приведена на рис. 1.

В соответствии с функциональной схемой в состав электропривода входят:

- исполнительный двигатель (М);
- статический преобразователь частоты (СПЧ), состоящий из силовой части и системы управления статическим преобразователем частоты (СУ СПЧ);

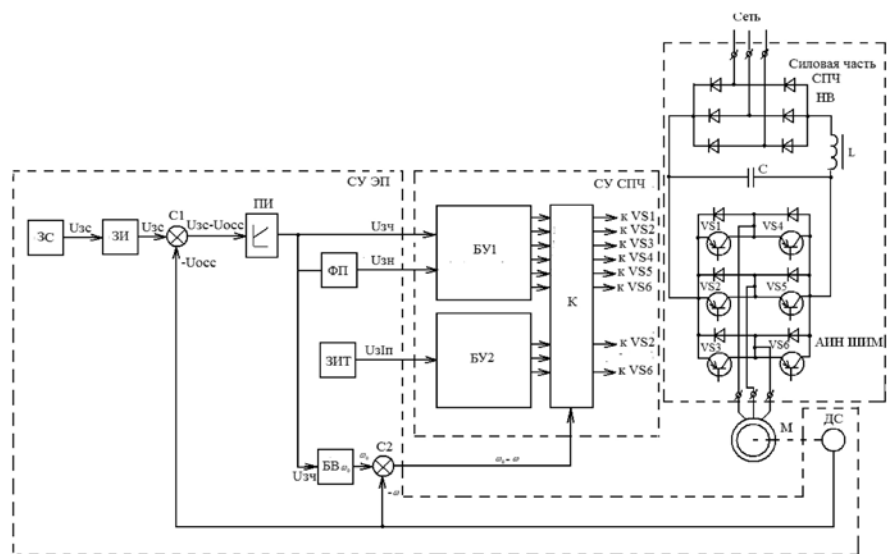


Рис. 1. Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода с алгоритмом динамического торможения

– система управления электроприводом (СУ ЭП).

Силовая часть СПЧ выполнена по традиционной схеме, а система управления статическим преобразователем состоит из трех блоков:

– блок БУ1, формирующий импульсы управления полупроводниковыми ключами VS1–VS6, которые обеспечивают синусоидальную широтно-импульсную модуляцию трехфазного выходного напряжения статического преобразователя частоты при работе электропривода в двигательном режиме;

– блок БУ2, формирующий импульсы управления полупроводниковыми ключами VS2, VS6, которые обеспечивают широтно-импульсную модуляцию постоянного напряжения, подключаемого к двум последовательно соединенным фазам обмотки статора при работе электропривода в режиме динамического торможения;

– коммутатор цепей прохождения импульсов управления К.

Система управления электроприводом также выполнена по традиционной схеме, используемой в замкнутых частотно-регулируемых электроприводах, с алгоритмом скалярного управления. Отличительной особенностью является наличие в ее составе блока вычисления синхронной скорости (БВ) ω_0 и блока задания интенсивности торможения (ЗИТ).

При работе в двигательном режиме электропривод представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования с обратной связью по частоте вращения. Требуемое значение частоты вращения двигателя устанавливается с помощью ЗС, а интенсивность изменения частоты вращения при разгоне определяется посредством ЗИТ.

При резком уменьшении сигнала задания частоты вращения $U_{зч}$ сигнал задания частоты напряжения $U_{зч}$ на выходе СПЧ также резко уменьшится, в результате чего двигатель должен будет перейти в режим генераторного торможения. Но в рассматриваемом электроприводе используется режим не генераторного, а динамического торможения. Принудительный перевод двигателя в режим динамического торможения выполняется следующим образом: сигнал задания частоты напряжения $U_{зч}$ поступает в блок вычисления синхронной частоты вращения двигателя. Сигнал, пропорциональный вычисленному значению синхронной частоты вращения ω_0 , поступает на положительный вход сумматора С2. На отрицательный вход сумматора С2 поступает сигнал, пропорциональный фактическому значению частоты вращения двигателя. Разность между этими сигналами поступает на вход коммутатора цепей сигналов управления К. Как

только эта разность становится отрицательной, коммутатор К срабатывает, отключая цепи управления полупроводниковых ключей VS1–VS6 от блока управления БУ1 и подключая цепи управления полупроводниковых ключей VS2, VS6 к блоку управления БУ2. Блок управления БУ2 вырабатывает периодическую последовательность импульсов управления, коэффициент заполнения которых определяется величиной сигнала, поступающего от датчика интенсивности торможения. Чем больше величина этого сигнала, тем больше значение коэффициента заполнения импульсов постоянного напряжения на выходе СПЧ и тем больше величина постоянного тока, протекающего по фазам обмотки статора, и, следовательно, тем интенсивней будет проходить режим динамического торможения.

Как только в результате торможения частота вращения двигателя станет меньше синхронной, разность сигналов на выходе сумматора снова станет положительной и коммутатор К подключит цепи управления полупроводниковых ключей VS1–VS6 к выходу блока СУ1. В результате этого двигатель перейдет из режима динамического торможения в двигательный режим работы с новой частотой вращения.

В целях исследования эффективности предлагаемого технического решения в пакете прикладных программ MATLAB была разработана компьютерная модель рассматриваемого электропривода. В качестве исполнительного двигателя при моделировании использовался асинхронный двигатель типа 4А250М6 мощностью 51 кВт, нагруженный на циркуляционный насос. Диаграммы электро-механических процессов, протекающих в этой модели в режиме динамического торможения, приведены на рис. 2.

Анализ полученных диаграмм показывает, что в режиме пуска и регулирования частоты вращения двигателя в сторону ее увеличения исследуемый электропривод ведет себя как обычный частотно-регулируемый электропривод с отрицательной обратной связью по скорости. То есть частота вращения двигателя при пуске и разгоне линейно увеличивается в соответствии с характером изменения сигнала на выходе датчика скорости. В установившемся номинальном режиме работы исполнительный двигатель развивает частоту вращения 102 1/с при электромагнитном моменте 500 Нм, и в фазных обмотках статора протекает синусоидальный ток, действующее значение которого равно 102 А.

При резком уменьшении сигнала задания частоты вращения от 10 В до 0 электропривод переходит в режим динамического торможения. При этом в обмотках статора начинает протекать постоянный

ток, электромагнитный момент становится отрицательным, а частота вращения двигателя начинает снижаться до полной остановки. Интенсивность торможения зависит от величины напряжения на выходе статического преобразователя, который в этом режиме работает как широтно-импульсный преобразователь постоянного напряжения, т.е. соответственно от величины постоянного тока, протекающего по обмоткам статора. В исследуемом режиме величина постоянного тока составляла 280 А, что превышает номинальное действующее значения переменного тока в 2,8 раз. При этом частота вращения двигателя уменьшилась от номинального значения до нуля за 1,5 с. Такое превышение тока двигателя сверх номинального значения в течение 1,5 с является вполне допустимым.

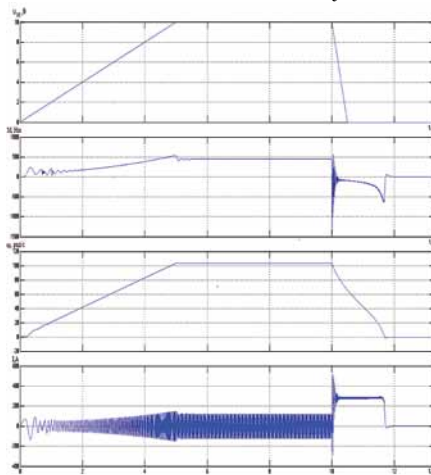


Рис. 2. Диаграммы электро-механических процессов, протекающих в электроприводе

Здесь (сверху вниз) показаны диаграммы изменения сигнала задания частоты вращения, электромагнитного момента, частота вращения и тока статора

Результаты проведенных компьютерных исследований позволяют сделать следующие основные выводы. В судовых частотно-регулируемых электроприводах для турбомеханизмов (насосы, вентиляторы), в которых режимы электрического торможения возникают только в процессах регулирования частоты вращения при резких уменьшениях сигнала ее задания, можно вместо режимов генераторного торможения использовать режим динамического торможения. При этом отпадает необходимость применения мощных тормозных резисторов, обладающих большими массогабаритными характеристиками.

Предлагаемое техническое решение можно использовать и в реверсивных судовых электроприводах, например в электроприводах движительно-рулевых комплексов различного назначения, длительность переходных режимов при реверсе у которых не превышает нескольких секунд. ■

Тенденция создания автономных средств вооружения обязывает разрабатывать способы борьбы с ними. Так, в частности, с появлением средств обнаружения кораблей по их магнитным полям стало необходимым создание методов и средств активной и пассивной защиты кораблей, от вероятного обнаружения и поражения минным и торпедным оружием.

Различают два вида размагничивания кораблей: обмоточное (внутри корпуса корабля монтируют кабельные обмотки, по которым пропускается постоянный электрический ток, создающий магнитное поле противоположной направленности корабельному полю и нейтрализующее его), и безобмоточное (корабль подвергается воздействию внешнего магнитного поля, создаваемого в обмотках, временно накладываемых на корпус или уложенных на грунт).

К современным изделиям морской техники предъявляются требования по сохранению своей работоспособности во время и после воздействия знакопеременного убывающего импульсного магнитного поля при обработке на станциях безобмоточного размагничивания. Это создает ряд сложностей при разработке изделий.

Проведение испытаний изделий морской техники на устойчивость к воздействию магнитных полей, работоспособность после обработки на станциях безобмоточного размагничивания показывают, что ряд схемных решений, примененных в изделии, являются крайне чувствительными к воздействию знакопеременного убывающего импульсного магнитного поля. Особенно критично появление ложных сигналов датчиков тока и датчиков напряжения, в основе которых лежит эффект Холла. Появление ложных сигналов с датчиков приводит к невозможности организации достоверной обратной связи по току и напряжению, что, в свою очередь, вызывает ложное срабатывание индикации, систем защиты и отключению изделий.

В связи с вышеизложенным специалисты ОАО «Системы управления и приборы» приняли решение по исключению датчиков тока и напряжения на основе эффекта Холла из схем контроля изделий. Однако реализация узла контроля тока и напряжения без использования данных датчиков накладывает ряд трудностей. Дело в том, что современные датчики, работающие на основе эффекта Холла, имеют свои преимущества: во-первых, это законченные изделия в малогаба-

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ПРИБОРАХ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

*А.Г. Сотников, инженер-электроник,
А.С. Петрушенко, техн. директор,
ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320 2393*

ритных корпусах, во-вторых, обеспечена гальваническая развязка измерительных и силовых цепей, в-третьих, у них относительно низкое энергопотребление, в-четвертых, относительная стабильность и точность выходного сигнала.

Учитывая потребность доработки в уже имеющемся заделе, предстояло разработать функциональный узел, который обеспечивал бы все вышеперечисленные достоинства, а также предоставлял возможность монтажа в посадочные места ранее установленных покупных датчиков на эффекте Холла.

За основу узла контроля тока и напряжения приняли операционный усилитель с оптической развязкой HCPL-7840 фирмы «Avago technologies». Данная микросхема обладает высокой степенью линейности, возможностью гальванической развязки измерительных и силовых цепей (оптическая развязка), малогабаритным корпусом DIP-8, широ-

кая схема HCPL-7840, DA1 – микросхема LM358M.

Применение этой схемы позволило разработать функциональный узел в габаритах, не превышающих габариты покупного датчика на эффекте Холла, стоимость узла не велика, а главное, схема абсолютно нечувствительна к воздействию знакопеременного убывающего импульсного магнитного поля.

Разработанная по данной схеме печатная плата была выполнена таким образом, чтобы она точно повторяла габариты и посадочные отверстия исходного ранее из схемы изделия датчика на эффекте Холла.

Повторные испытания изделия на устойчивость к воздействию магнитных полей, работоспособность после обработки на станции безобмоточного размагничивания показали, что примененное схемное решение обеспечивает надежность контроля тока и напряжения и не приводит к ложным срабатываниям.

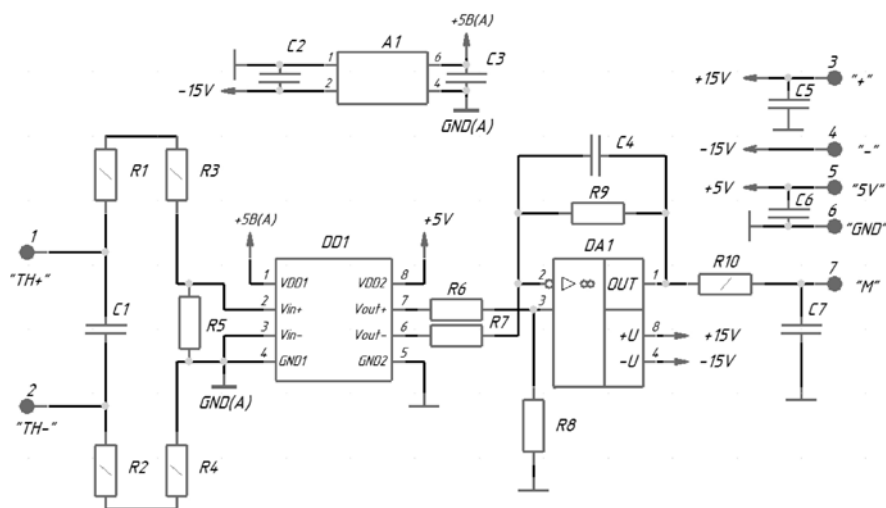


Рис. 1. Схема датчика напряжения

ким диапазоном рабочих температур, низким энергопотреблением, достаточным диапазоном входных напряжений. Схема реализации датчика напряжения на микросхеме HCPL-7840 приведена на рис. 1.

На данной схеме A1 – DC-DC преобразователь TMA 1505S, DD1 – мик-

ЛИТЕРАТУРА

1. Словарь военных терминов / Сост. А. М. Плехов, С. Г. Шапкин. – М.: Воениздат, 1988.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Размагничивание>.
3. Data Sheet – HCPL-7840, Isolation Amplifier – «Avago technologies», 2012. ■

Недостаточная теоретическая и практическая разработанность подходов к проектированию погружных аккумуляторных батарей определили выбор темы данной статьи. Особое внимание в ней уделено типам контейнеров, в которые устанавливаются аккумуляторы на глубоководных аппаратах.

На судах используют кислотные или щелочные аккумуляторные батареи (АБ). Щелочные аккумуляторы по размерам несколько больше кислотных, но они лучше переносят вибрацию, не выделяют вредных веществ, не требуют периодической подзарядки. К тому же они надежнее и их проще обслуживать. На судах используют в основном щелочные аккумуляторы, а кислотные только в качестве стартерных.

Электрический аккумулятор – это химический источник электроэнергии. Действие аккумулятора основано на обратимых электрохимических процессах. Если к аккумулятору подключить источник постоянного тока, то аккумулятор зарядится, т. е. электроэнергия источника превратится в химическую энергию, которая накопится в аккумуляторе.

Аккумулятор состоит из сосуда-бака, положительных и отрицательных пластин и электролита, в который погружены пластины. Баки изготавливаются из эбонита или пластмассы.

На судах АБ используются в качестве источников электроэнергии для сетей аварийного освещения, авральной и пожарной сигнализации, радио- и телефонной связи, сигнально-отличительных огней, стартерного запуска двигателей внутреннего сгорания и др.

Аккумуляторные батареи являются источником движения автономных глубоководных аппаратов (АГА). Наиболее перспективными следует считать забортные аккумуляторы, так как их применение позволяет повысить полезный объем отсека глубоководного аппарата и эффективность его использования. Однако применение аккумуляторов за бортом требует реализации мероприятий по компенсации внешнего гидростатического давления, которое в условиях определенной газонаполненности аккумулятора может привести к его разрушению. Поэтому аккумуляторы на глубоководных аппаратах устанавливаются в контейнерах:

- с прочным корпусом;
- разгруженных с эластичным корпусом;
- разгруженных с компенсационным мембранным блоком;
- разгруженных с компенсационной мембраной плоской или тарельчатой.

Рассмотрим контейнеры, применяемые на глубоководных аппаратах, более подробно.

Сначала рассмотрим *контейнер с прочным корпусом* (рис. 1). Его прочный корпус полностью воспринимает внешнее гидростатическое давление, а аккумуляторы находятся в воздушной среде под атмосферным давлением. Перед вскрытием контейнера со свинцово-кислотными аккумуляторами необходимо сбросить избыточное внутреннее давление от газовой выделению при разряде АБ. Контейнер применяют в основном для небольших АБ, из-за неудачного соотношения массы-емкости АБ.

Теперь рассмотрим *контейнер с эластичным (полимерным) корпусом*. Данный контейнер (рис. 2) в настоящее время проходит экспериментальное опробование. Аккумуляторы внутри контейнера находятся в диэлектрической жидкости (масле). Контейнер разгружен за счет упругой деформации корпуса и отсутствия внутри свободных

ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОВРЕМЕННОЙ ПОГРУЖНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ГЛУБОКОВОДНЫХ АППАРАТОВ

А.В. Кузнецов, *вед. инженер,*
А.Ю. Мазуренко, *инженер-конструктор 3-й категории,*
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 1531

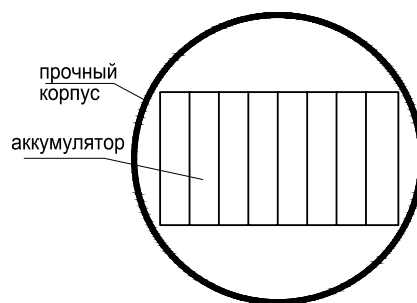


Рис. 1. Контейнер с прочным корпусом

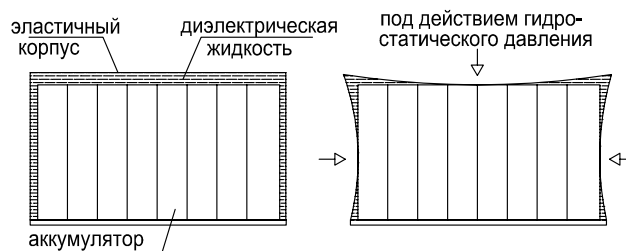


Рис. 2. Контейнер с эластичным корпусом

объемов газа. Применение таких корпусов на глубоководных аппаратах с батареями большой емкости снижает их надежность из-за возможного повреждения эластичного корпуса аккумуляторами при качке во время транспортировки. Подобные контейнеры перспективны лишь для небольших забортных АБ с новыми литий-ионными или гель-полимерными аккумуляторами. В отечественной литературе описывается герметизированный свинцовый аккумулятор для малоглубинных подводных аппаратов [11]. Он размещается в эластичном корпусе из термопласта. Свинцово-кислотный аккумулятор заполнен при вакуумировании специальным гель-кислотным электролитом для уменьшения газонаполнения и газовой выделению. Авторы провели некоторое количество испытаний с внешним давлением до 5,0 МПа. Однако довольно высокое газонаполнение аккумулятора (свинцово-кислотного) не позволит использовать его в качестве забортного на глубоководных аппаратах, так как внешнее гидростатическое давление неизбежно приведет к разрушению его полимерного корпуса из-за значительной деформации стенок.

Далее рассмотрим *контейнер с компенсационным мембранным блоком* (рис. 3).

Контейнеры этого типа используются в отечественных АГА «Русь» и «Консул».

В 2000 г. был сдан в опытную эксплуатацию опытный АГА «Русь», предназначенный для поиска затонувших объектов, проведения исследовательских и подводно-технических работ на различных глубинах.

Электроэнергетическая система АГА «Русь» полностью автономна. Состоит из свинцово-кислотных аккумуляторов ТГС-200 повышенной надежности, отличающиеся удобством в обслуживании. Применяются в составе по-

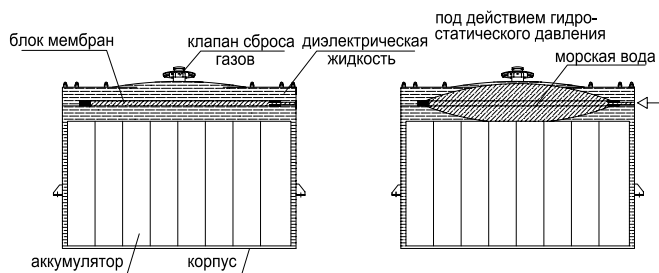


Рис. 3. Контейнер с мембранным блоком

ружных батарей 15ТГС-200. Каждая батарея размещается в автономном контейнере из листового титанового сплава, заполненном диэлектриком – дизельным топливом. Контейнер снабжается компенсатором наружного давления, газовым клапаном и герметичными морскими соединителями для подключения кабелей. Конструкция контейнера является оригинальной разработкой отделения по проектированию специальных корабельных устройств, механизмов и дельных вещей ОАО «СПМБМ «Малахит».

Электроэнергия через прочный корпус подается посредством тоководов специальной конструкции разработки Центрального научно-исследовательского института судовой электротехники.

Токоъем и зарядка погружных АБ осуществляются через герметичные соединители, установленные на контейнерах. Забортные соединители имеют изоляцию тоководных частей на основе ситалловых сплавов, созданных петербургским государственным предприятием «Олтекс» совместно с НИИ химии силикатов. (Ситаллы – стеклокристаллические материалы, состоящие из одной или нескольких кристаллических фаз, равномерно распределенных в стекловидной фазе. Высокие прочность, твердость, химическая и термическая стойкость. Низкий температурный коэффициент расширения. Хорошие диэлектрические свойства).

Внутри прочного корпуса размещены еще две небольшие АБ – аварийная и дополнительная. Аварийная никель-кадмиевая батарея обеспечивает работу ограниченного числа потребителей в аварийных ситуациях. Дополнительная батарея обеспечивает качество питания аппаратуры звукоподводной связи без помех в сети при одновременной работе других потребителей.

Аккумуляторы внутри контейнера находятся в диэлектрической жидкости и отделены от морской воды мембранами. Контейнер разгружен за счет упругой деформации мембран блока. Мембранный блок компактных размеров обеспечивает значительную величину компенсации сжатия газов в газонаполненных полостях аккумуляторов объемом до 10 л. Мембраны блока выполняются из листовой резины. Контейнер снабжен клапаном для сброса газов, образующихся при разряде АБ. За счет конструкции мембранного блока контейнер имеет меньшие размеры, чем контейнеры с компенсаторами другой конструкции с такими же аккумуляторами.

И, наконец, рассмотрим контейнер с компенсационной мембраной (рис. 4).

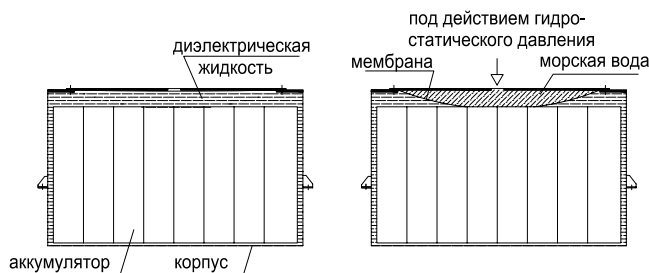


Рис. 4. Контейнер с мембраной

Погружные забортные контейнеры подобного типа использовались с наиболее распространенными свинцово-кислотными аккумуляторами на подводных аппаратах для малых и средних глубин. Аккумуляторы внутри контейнера находятся в диэлектрической жидкости (масле, дизельном топливе) и отделены от морской воды мембраной. Контейнер разгружен за счет упругой деформации мембраны. Контейнеры для малых глубин использовались с плоской мембраной, а для средних для большей компенсации применялись специальные тарельчатые мембраны. Вследствие особенностей работы свинцово-кислотных аккумуляторов требуется периодически вскрывать контейнеры для контроля уровня электролита, а также его оснащения клапаном для сброса газов, образующихся при разряде АБ.

В заключение можно отметить следующее: современные литий-ионные или гель-полимерные аккумуляторы практически не требуют обслуживания при эксплуатации и не имеют газонаполненных объемов, поэтому контейнеры этой конструкции с простой плоской мембраной представляют наибольший интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев А.Б. Штурм гидрокосмоса. 1923–2013. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: printLETO (ООО «Лето Индастриз»), 2013. – 216 с.
2. Собакин В. А. Электротехника служит подводному флоту. – СПб.: Изд. ФГУП «СПМБМ «Малахит», 2006. – 210 с.
3. «Малахит» – подводным силам России. Каталог под общ. ред. В.Н. Пялова – СПб.: Гангут, 2006. – 191 с.
4. Таганова А.А., Семенов А.Е. Свинцовые аккумуляторные батареи / Справ. – СПб.: Химиздат, 2004. – 118 с.
5. Химические источники тока. Справ. под ред. Н.А. Коровина, А.М. Скундина. – М.: МЭИ, 2003. – 740 с.
6. Кузнецов С. Е., Филев В. С. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики: Учеб. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Судостроение, 1995. – 448 с.
7. Ястребов В.С., Горлов А.А., Симинский В.В. Электроэнергетические установки подводных аппаратов. – Л.: Судостроение, 1987. – 208 с.
8. Роджеро Н. И. Справочник судового электромеханика и электрика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.
9. Системы и элементы глубоководной техники подводных исследований: Справ. / В.С. Ястребов, Г.П. Соболев, А.В. Смирнов и др. – Л.: Судостроение, 1981. – 304 с.
10. Дорофеев В.Ю. Взгляд вглубь. / «ОСК» Строим флот сильной страны. – 2012. – №1(9). – С.52 – 56.
11. Патент №2296394 (Россия). МПК H01M 10/12, 2/28. Герметизированный свинцовый аккумулятор / Каменев Ю.Б., Лушина М.В., Леонов В.Н. и др. Приор, от 14.06.05 Оп. 27.03.07. ■

В современном мире производится значительное количество устройств, механизмов и агрегатов, которые в процессе работы оказывают негативное влияние на окружающую среду. Побочными продуктами при их использовании являются газовые выбросы, содержащие в большом количестве газообразные и дисперсные вредные примеси, ухудшающие экологическую обстановку. В связи с этим проблема очистки отработавших газов стоит достаточно остро.

Согласно данным организации «Carbon Market Watch», избыток диоксида углерода (CO_2) на 2013 г. составил примерно 13 млрд т, из которых 5,8 млрд т приходится на долю России [1]. В 2012 г. Конференцией сторон в столице Катара г. Доха была принята поправка к Киотскому протоколу к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, продлевающая срок действия Протокола с 2013 по 2020 г. По данным Протокола и поправки, все развитые страны и страны с переходной экономикой (Россия и др.) обязаны сократить антропогенные выбросы парниковых газов (диоксид углерода, метан, азотные и другие соединения) по меньшей мере на 18% по сравнению с уровнем 1990 г.

Для сокращения выбросов в области судового машиностроения, в частности при работе неатомного подводного аппарата (НАПА), предлагается использовать анаэробные энергетические установки, работающие без доступа атмосферного воздуха. Также помимо снижения выбросов удастся увеличить время пребывания НАПА в подводном положении.

В настоящей статье приводятся результаты конструктивных исследований системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя НАПА, выполненные машиностроительным предприятием ООО «Винета». Сложность организации очистки и охлаждения отработавших газов на подводном аппарате заключается в необходимости компактной установки оборудования. Особенностью рассматриваемой системы является одновременное охлаждение и очистка отработавших газов от твердых продуктов горения и влаги с целью повторного использования этих газов при работе двигателя. Это способствует снижению температуры газов на входе в двигатель до требуемого значения при их повторном использовании; повышает надежность всей энергетической установки в целом и уменьшает затраты энергии на удаление отработавших газов за борт.

Цель проведенной работы – исследование применения аппаратов для

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.Н. Гаврилова, аспирант СПбГМТУ, инженер-конструктор ООО «Винета», Д.А. Скороходов, д-р техн. наук, проф., ученый секретарь ЗАО «ЦНИИ СМ», контакт. тел. (812) 493 5048, 640 1051

очистки газов и их охлаждения, объединение их в одном устройстве, улучшение их энергетических и массогабаритных показателей. Для проработки данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Определение порядка расчета теплообменной поверхности проектируемого аппарата и предварительная компоновка входящих устройств.

2. Анализ полученных результатов.

3. Разработка системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя, объединяющей в себе свойства инерционного сепаратора и поверхностного конденсатора.

В настоящее время очистка отработавших газов осуществляется инерционными сепараторами (жалюзийные осадительные камеры, циклоны, объемные аэродинамические решетки, ротационные пылеуловители, труба Вентури; гравитационные и центробежные сепараторы); электрофильтрами; тканевыми фильтрами и фильтрами накопительного типа. В основу их работы заложен принцип выделения из многофазной среды твердых и жидких частиц, обладающих большей удельной плотностью и массой, чем воздух, под действием силы инерции.

В *гравитационных сепараторах* взаим силы инерции на поток газов действует сила гравитации.

Центробежный способ очистки воздуха основан на осаждении влаги и/или взвешенных частиц при действии на них центробежной силы.

Сущность процесса *электрической очистки в электрофильтрах* заключается в следующем: воздух или газ, содержащие дисперсные частицы, проходят через электрофильтр, состоящий из заземленных осадительных электродов и размещенных на некотором расстоянии коронирующих электродов, к которым подводится выпрямленный электрический ток высокого напряжения. Вблизи коронирующих электродов происходит интенсивная ударная ионизация молекул. Ионы различной полярности под действием сил электрического поля движутся к разноименным электродам вместе с улавливаемыми частицами из-за адсорбции ионов на поверхности частиц. По мере накоп-

ления на электродах осаждаемые частицы удаляются встряхиванием или промывкой электродов.

Процесс очистки газов от твердых или жидких частиц в тканевых фильтрах осуществляется при помощи пористых сред. Частицы, взвешенные в воздушном потоке, осаждаются на поверхности или в объеме пористых сред. Зацепление происходит каждый раз, когда траектория движения частиц проходит над поверхностью волокон, образующих пористую перегородку, на расстоянии, равном радиусу частицы или меньшему его. Если размеры пор фильтра меньше диаметра частиц, то происходит обычное отсеивание.

При сгорании дизельного топлива в ДВС образуются разнообразные вещества, в том числе вредные выбросы. Состав веществ регламентирован конструкцией двигателя и его техническими характеристиками. При работе двигателя в замкнутом цикле для повторного использования отработавших газов требуются их очистка и охлаждение. В качестве устройства для очистки был выбран инерционный сепаратор, который обеспечивает очистку от механических примесей и влаги всего необходимого объема загрязненных газов с минимальными энергетическими затратами и степенью очистки не ниже 99%.

На сегодняшний день газы, подлежащие очистке, часто приходится подвергать предварительному охлаждению в поверхностных теплообменниках или охлаждению смешением путем непосредственного ввода охлаждающей среды в газовый поток. Выбор способа охлаждения определяется химическим и количественным составом газов, наличием в них примесей, применяемым способом очистки и возможностями технологического процесса. Поверхностное охлаждение обычно происходит в рекуперативных теплообменных аппаратах: котлах-утилизаторах, воздухоподогревателях, холодильниках и конденсаторах [4].

Для проведения конструктивного расчета теплообменной поверхности проектируемого аппарата была выбрана оптимальная концепция.

Основные исходные данные для конструктивного расчета:

Скорость движения отработавших газов, $V_{ор}$, м/с.

Теплоемкость охлаждающей среды, C_{oc} , Дж/кг·К.

Теплоемкость отработавших газов, $C_{гс}$, Дж/кг·К.

Расход отработавших газов, G_1 , кг/с.

Расход охлаждающей среды, G_2 , кг/с.

Тепловая мощность аппарата, Q , кВт.

Температура отработавших газов на входе в аппарат, $T_{1н}$, °С.

Температура охлаждающей среды на входе в аппарат, $T_{2н}$, °С.

Температура отработавших газов на выходе из аппарата, $T_{1в}$, °С.

Температура охлаждающей среды на выходе из аппарата, $T_{2к}$, °С.

Из известных схем движения теплоносителей [5, 6], приведенных на рис. 1, была выбрана схема перекрестного тока с противотоком (см. рис. 1, д).

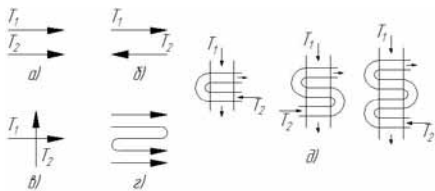


Рис. 1. Схемы движения теплоносителей: а – прямоток; б – противоток; в – перекрестный ток; г – сложный ток; д – перекрестный ток с противотоком

В данной схеме движения учтены и высокая эффективность, и простота конструкции аппарата. Противоточные теплообменники считаются наиболее эффективными, поскольку обеспечивают наилучшее использование разности температур, в них также может быть достигнуто наибольшее изменение температуры каждого теплоносителя. Теплообменные аппараты с перекрестным током спроектировать проще, чем аппараты с другим видом движения, учитывая подачу теплоносителей к поверхностям теплообмена [6].

Если тепловая мощность неизвестна, определяем ее по формуле

$$Q = G_1 \cdot C_{гс} \cdot (T_{1н} - T_{1к}).$$

Далее определяем температуру охлаждающей среды на выходе из аппарата

$$T_{2к} = T_{2н} + \frac{Q}{G_2 \cdot C_{oc}}$$

и среднелогарифмический температурный напор

$$\Delta T = \frac{(T_{1н} - T_{1к}) - (T_{1к} - \frac{T_{2к} + T_{2н}}{2})}{\ln(\frac{(T_{1н} - T_{1к})}{(T_{1к} - \frac{T_{2к} + T_{2н}}{2})})}$$

По полученным значениям рассчитываем требуемую площадь поверхности теплообмена

$$F_T = \frac{Q}{K \cdot \Delta T},$$

где K – коэффициент теплопередачи от газа к жидкости.

На основе этих расчетов была выполнена разработка системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя. В системе учтены все предъявляемые заказчиком требования по газам, поступающим повторно на водной тракт ДВС.

Результаты конструктивного расчета

Тепловая мощность аппарата, кВт, не более	200
Температура отработавших газов на входе в аппарат, °С	+400
Температура охлаждающей среды на входе в аппарат, °С	+5
Температура отработавших газов на выходе из аппарата, °С	+40
Температура охлаждающей среды на выходе из аппарата, °С	+21
Температурный напор, °С	134
Гидравлическое сопротивление по отработавшим газам, кПа, не более	2
Качество очистки газов, %, не ниже	99

В состав системы входит пакет очистительных лопаток с расположенными по контуру каждой лопатки влагоуловителями. Схема лопатки приведена на рис. 2. Общий вид системы приведен на рис. 3.

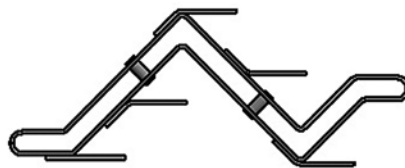


Рис. 2. Очистительная лопатка

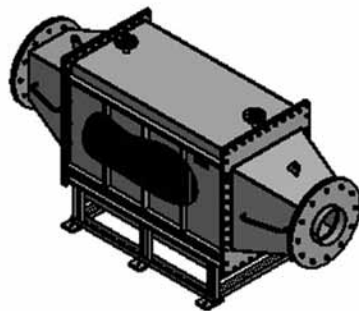


Рис. 3. Общий вид системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя

По результатам проведенных исследований разработан новый тип теплообменного аппарата рекуперативного типа, сочетающий в себе свойства сепаратора и конденсатора газов. При его использовании не требуется установка дополнительных теплообменников для предварительного охлаждения отработавших газов перед очисткой. Это свойство в значительной степени уменьшает затраты энергии установки в целом и сокращает газовые выбросы, поскольку отпадает необходимость удаления отработавших газов за борт НАПА, а также увеличивает время пребывания НАПА под водой.

Основными задачами дальнейших исследований являются определение экспериментальным путем картины течения потока газов вдоль пакета очистительных лопаток и доработка конструкции аппарата для устранения ее недостатков, повышения эффективности очистки и охлаждения газов, а также улучшения массогабаритных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмусс А. («Carbon Market Watch»). Пояснение принятых в Дохе решений об избытке единиц Киотского Протокола/Перев. И. Еременко, 2013.
2. Уокер Г. Двигатели Стирлинга/Сокр. Пер. с англ. Б. В. Сутугина и Н. В. Сутугина. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Баданин В. А. Подводные лодки с единым двигателем. – СПб.: Гангут, 1998. – С. 145.
4. Биргер М. И., Вальдберг А. Ю., Мяков Б. И. и др. Справочник по пыли- и золоулавливаю. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 312.
5. Бухмиров В. В., Ракутина Д. В., Солнышкова Ю. С., Пророкова М. В. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата / ФГБОУ ВПО «Ивановский гос. энергет. ун-т им. В. И. Ленина». – Иваново. – 2013. – С. 124.
6. Справочник по теплообменникам – В 2-х т. – Т. 1/Пер. с англ. под ред. О. Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 352.
7. Дядик А. Н., Замуков В. В., Дядик Д. А. Корабельные воздухонезависимые энергетические установки. – СПб: Судостроение, 2006. – С. 424.
8. Платонов В. А. Подводные лодки. – СПб: Полигон, 2002. – С. 256.
9. Наливкин П. В., Гаврилова А. Н. Очистка отработавших газов теплового двигателя НАПЛ//Морской вестник. – 2014. – Вып. № 1 (49). – С. 63–64. ■

В большинстве работ, посвященных требованиям к перспективным морским газотурбинным двигателям (ГТД), рассматриваются в основном вопросы экономичности [1–3], т. е. ищутся новые технические решения снижения расхода топлива на номинальном и долевых режимах работы судовых газотурбинных установок (ГТУ).

Естественно, вопрос экономичности ГТД любого назначения всегда был и остается актуальным. К настоящему времени на отечественных и зарубежных судах и кораблях с ГТУ, экономичность решается, во-первых, за счет повышения собственной экономичности двигателя – повышением температуры газа и других параметров, во-вторых, за счет разделения двигателей, обеспечивающих «маршевые» и «полные» хода. То есть, в составе ГТУ имеются маршевые двигатели и форсажные, которые работают на режимах близких к номинальным, а не на глубоких долевых режимах с пониженной экономичностью.

Известно, что в последнее десятилетие КПД ГТД простого цикла (ПЦ) достиг практически 40%, к таким ГТД ПЦ можно отнести двигатели «MT30» (Великобритания) и «LM 2500» (США). Для ГТД ПЦ увеличение начальной температуры газа выше 1300° С и степени повышения давления практически не приводит к росту КПД. Более перспективным представляется применение различных вариантов сложного цикла работы ГТД. Имеются и реальные примеры реализации сложного цикла (СЦ) ГТД в установке «WR-21», работающей на кораблях ВМС Великобритании [4].

Сравнить экономичность сложного и простого цикла можно по зависимостям удельного расхода топлива от относительной мощности, представленным на рис. 1.

Результаты исследований в области ГТД СЦ с утилизацией тепла отработавших газов и практическая реализация в ГТУ «WR-21» показали, что реально могут создаваться ГТУ с удельным расходом топлива порядка $be = 140$ г/л.с.ч (КПД достигает ~ 43%) на номинальном режиме. Зависимость удельного расхода топлива от относительной мощности для ГТД «WR21» представлена на рис. 2 (кривая 6).

Такое значение КПД может быть обеспечено при начальной температуре газа порядка 1250–1300° С и степени повышения давления $\pi_k = 14–15$ [3]. Обоснованием указанных значений параметров могут служить ре-

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

А. З. Багерман, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник,
Р. А. Иванов, д-р техн. наук, проф., нач. отдела,
В. Н. Шитков, канд. техн. наук,
И. П. Леонова, ст. науч. сотрудник,
А. В. Конопатова, инженер,
 ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
 контакт. тел. +7 (911) 169 3888, +7 (921) 741 2537, +7 (911) 268 2629

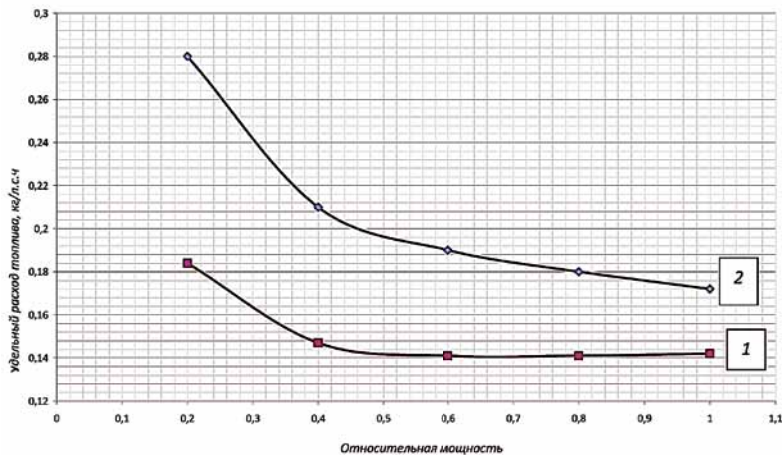


Рис. 1. Зависимость удельного расхода топлива от относительной мощности 1 – ГТД ПЦ; 2 – ГТД СЦ

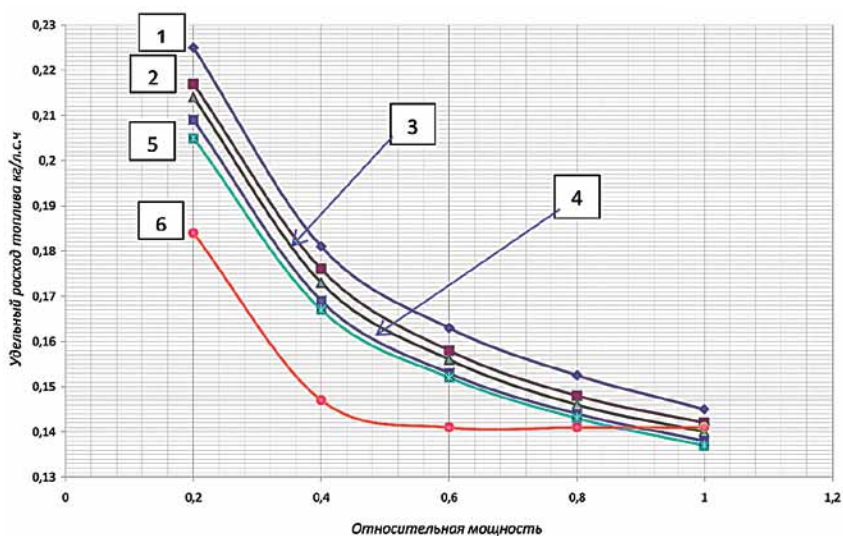


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива ГТД СЦ от относительной мощности

1 – $\pi_k = 10$; 2 – $\pi_k = 12$; 3 – $\pi_k = 14$; 4 – $\pi_k = 16$; 5 – $\pi_k = 20$; 6 – ГТД «WR21»

зультаты расчетных исследований, выполненных в ФГУП «Крыловском ГНЦ», приведенные на рис. 2 (зависимость $be = f(\dot{N})$ кривые 1–5), на рис. 3 (зависимость $be = f(T_0^*)$) и на рис. 4 (зависимость $be = f(\pi_k)$).

Кривые 1–5 на рис. 2 описывают изменение удельного расхода топли-

ва для ГТД сложного цикла без использования регулируемого соплового аппарата (РСА) в силовой турбине. Кривая 6 характеризует изменение удельного расхода топлива при использовании РСА, позволяющего поддерживать постоянную температуру газа на долевых режимах.

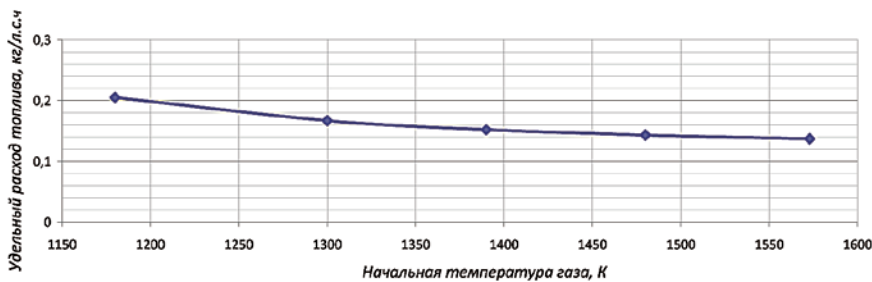


Рис. 3. Зависимость удельного расхода топлива ГТД ПЦ от начальной температуры газа

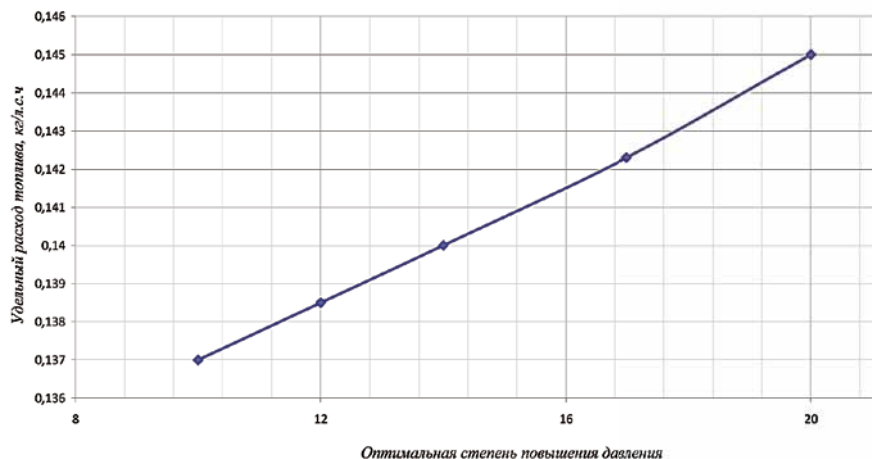


Рис. 4. Зависимость удельного расхода топлива ГТД ПЦ от оптимальной степени повышения давления при $T_0^* = 1573\text{K}$ на режиме номинальной мощности

Если считать, что принципиально вопрос с повышением экономичности ГТД путем создания ГТД сложного цикла решен, то следующей важнейшей задачей становится обеспечение ресурсных показателей двигателя.

Ресурс двигателя, чаще определяемый ресурсом лопаток турбины высокого давления, зависит от ряда переменных факторов, сопровождающих работу двигателя в процессе эксплуатации. Поэтому, как правило, фирма-изготовитель ГТД продает двигатели с эквивалентным ресурсом в часах. Эквивалентные часы связаны со временем реальной наработки различными коэффициентами. Например, запуск двигателя, который длится несколько минут «стоит» у фирмы «Siemens» 10 эквивалентных часов, вычитаемых из ресурса, а у других фирм может составлять и 20, и 30 эквивалентных часов.

Для двигателей, эксплуатирующихся в морских условиях, на судах, в портовых сооружениях, на буровых и добывающих платформах, активную роль в «борьбе» с ресурсом играет горячая солевая коррозия.

В связи с приведенными примерами для следующего поколения ГТД, необходимо решить ряд задач, приводимых ниже, по условиям эксплу-

атации ГТД, в первую очередь, определяющих его ресурс.

1. Для морского двигателя должно быть ограничено попадание в проточную часть брызг и аэрозолей морской воды с помощью воздухоочистительных устройств, установленных перед ним.

Допустимое количество морских солей определяется двумя факторами:

- возможностью непрерывной работы без промывки (очистки) проточной части заданный период времени,

- минимальной скоростью потери ресурса в результате коррозии элементов горячего тракта.

В обоих случаях солевой занос приводит к повышению температуры газа при поддержании заданного режима работы, что чревато ускоренным расходом ресурса. Поэтому при проектировании устройств очистки воздуха необходимо стремиться к обеспечению содержания солей в воздухе перед двигателем, инициирующих горячую коррозию (хлористый натрий и сульфат натрия), не более 0,01 мг на 1 кг воздуха [6].

2. Значительную роль в коррозионном разрушении материала лопаток играют соли, попадающие в газ в результате сгорания топлива. Часть из них присутствует в топливе в «го-

товом» виде, часть образуется из компонентов, содержащихся в топливе: хлористый натрий и серы.

ГОСТами количество серы ограничено значениями 0,1–0,5% для разных видов дизельного топлива и керосина. Однако даже содержание серы в количестве 0,1% является избыточным для образования сульфата натрия, несмотря на кратковременность пребывания компонентов в зоне горения топлива. Вероятность осаждения солей из газового потока у солей, образующихся в результате сгорания топлива, выше, чем солей, поступившем с воздухом. Поэтому целесообразно использовать топливо с содержанием серы менее 0,1%.

3. Скорость коррозионной деградации жаропрочных сплавов определяется температурой материала. Температура турбинных лопаток неодинакова по высоте и образующей. Причем разница температур лопатки в разных ее частях может составлять 100° и более. Большую роль в неравномерности температур материала лопаток играет неравномерное поле температур газового потока за камерами сгорания. Отличие температур на 50° С приводит почти к удвоению скорости коррозионной потери массы материалом лопатки [7].

Поэтому необходимо введение управления температурой газового потока за каждой форсункой, которое позволит обеспечить равномерное температурное поле перед лопатками [7].

Материал турбинных лопаток и их защитных покрытий перед использованием на конкретном двигателе должны пройти опытную проверку на газодинамическом стенде, имитирующем условия их последующей эксплуатации. При этом будут оценены скорость коррозионной деградации материала ресурс защитного покрытия, которые необходимы для надежной оценки расходования ресурса в эксплуатации.

4. Во время динамических режимов, таких как запуск двигателя и выход на режим, переходы с режима на режим и др., в лопатках возникают значительные термические напряжения, которые, несмотря на кратковременность действия, приводят к значительной потере ресурса. Эти потери для каждого переходного процесса возрастают с увеличением общей наработки двигателя. Из-за сложности оценки этих потерь в эксплуатации, их величина принимается постоянной и указывается в ТУ на двигатель соответствующей фирмой. Снижение потерь возможно путем снижения скорости переходного процесса до вели-

чин, не нарушающих безопасность эксплуатации судна. Иными словами, система регулирования должна как минимум иметь два режима работы: экономичный по отношению к ресурсу и форсированный для обеспечения необходимого быстродействия.

5. Нормативными документами, определяющими состав ГТД, предписывается необходимость наличия в составе системы автоматического регулирования системы диагностирования. Система диагностирования, как параметрическая, так и вибрационная, призвана контролировать текущее техническое состояние двигателя, распознавать причины его изменения в соответствии с номенклатурой измеряемых параметров, что позволит контролировать расходования ресурса турбинными лопатками, в том числе в условиях деградации материала [6]. Причем расходование ресурса должно определяться как по средним температурам материала, так и по температурам отдельных участков лопаток, имеющих в эксплуатации температуры выше средних значений.

Для контроля расходования ресурса могут использоваться устройства, устанавливаемые в проточной части. Они могут без разборки двигателя «свидетельствовать» о степени коррозионного повреждения.

Для контроля коррозионных условий работы лопаток целесообразно оценивать содержание SO_x в отработавших газах.

Для непрерывного контроля технического состояния проточной части двигателя система диагностирования должна позволять определять характеристику ГТД по статическим параметрам даже на переходных режимах. С этой целью для каждой схемы двигателя (однокомпрессорный, двухкомпрессорный и другие) разрабатывается технология приведения параметров динамического режима к статическим условиям.

Наряду с контролем расходования ресурса, система диагностирования должна обеспечивать прогнозирова-

ние расходования ресурса в зависимости от режимов использования двигателя. При оперативном прогнозировании в программе формирования условий использования ГТД могут быть исключены ситуации применения повторно-статических режимов, значительных изменений режимов работы и других факторов, способствующих ускоренному расходованию ресурса. Наличие такой системы особенно важно при работе двигателя в коррозионно опасных условиях из-за быстротечности процессов деградации материалов [6].

6. Перспективы использования двигателя в условиях пониженных температур (ниже $5^\circ C$) требуют наличия противообледенительных систем, которые обеспечат нормальную эксплуатацию как двигателя, так и воздухоприемного устройства.

Использование фильтров для очистки воздуха перед двигателем требует подогрева всего рабочего воздуха, поступающего в воздухоприемный тракт. Поэтому при проектировании двигателя необходимо рассмотреть и выбрать источник горячего воздуха.

Отборы воздуха за ступенями компрессоров не обеспечивают необходимого количества тепла. Альтернативой может быть теплообменник в газовом тракте за последней турбиной ГТД.

Количество тепла, требуемого для обеспечения положительной температуры обогреваемых поверхностей, в значительной степени зависит от наличия капель воды в воздушном потоке. Учет этого влияния можно оценить, используя рекомендации [7], апробированные при проектировании и последующей эксплуатации судовых водоотделителей.

Для обеспечения безопасного запуска двигателя необходимо иметь автономный источник горячего воздуха, используемый в период, когда тепла от двигателя недостаточно для работы антиобледенительных систем, подогрева масла в агрегате и т. п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом морской газотурбинный двигатель следующего поколения может быть представлен как двигатель сложного цикла с КПД порядка 43–44% на номинальном режиме, с минимальным падением экономичности при уменьшении мощности до 50%, с ресурсными характеристиками не ниже достигнутых в настоящее время за счет реализации мероприятий, приведенных в настоящей статье.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Уваров В. В., Бекнев В. С. и др. Локомотивные газотурбинные установки. – М.: Машгиз, 1962. – 548 с.
- 2 Сорока Я. Х. Теория и проектирование судовых газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1982. – 112 с.
- 3 Осипов М. И., Моляков В. Д., Олесевиц К. А., Тумашев Р. З. Перспективные направления повышения эффективности ГТУ//Газотурбинные технологии. – 2011. – № 3. – С. 2–7.
- 4 Bonet M. U., Pilidis Jors P. Comparative assessment of Two Thermodynamic Cycles of an aero-derivative Marine Gas. Journal of Mechanical and Civil Engineering. – 2013. – Vol. 6. Issue 3 (May.–June.). – P. 76–81.
- 5 Третьяченко Г. Н., Кравчук Л. В., Курант Р. И., Волощенко А. П. Долговечность лопаток газовых турбин при теплосменах в газовом потоке. – Киев: Изд. АН УССР, ИПП, 1981. – 302 с.
- 6 Багерман А. З. Коррозионные испытания жаропрочных сплавов для газовых турбин. – СПб.: Изд. ФГУП «Крыловский гос. науч. центр», 2014.
- 7 Он же. Обеспечение надежной эксплуатации газотурбинных двигателей в морских условиях: Монография / ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – СПб., 2010. – 132 с. ■

Известный метод управления конечным положением линейного стационарного объекта, основанный на минимизации интеграла «энергии» управления, приводит к структуре закона в виде линейной комбинации переменных состояний с коэффициентами, зависящими от времени, оставшегося до окончания процесса [1]. Ограниченные возможности практического применения этого метода обусловлены тем, что вне рассмотрения оказываются характеристики устойчивости и точности системы. К тому же оптимальное управление – единственное, что исключает рассмотрение задачи синтеза как многокритериальной, каковой она является по существу, если принять во внимание требования к характеристикам устойчивости, показателям качества переходного процесса, статистическим характеристикам точности и т. д. Заметим также, что интеграл «энергии» не является контролируемой величиной, например, в задачах управления летательными аппаратами в атмосфере [2]. Эти обстоятельства стимулируют развитие альтернативных подходов.

МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

Рассмотрим задачу управления конечным положением подвижного объекта, описываемого системой линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

$$\dot{x} = Ax + bu, \quad (1)$$

где x – n -мерный вектор; A – постоянная $n \times n$ – матрица; b – n -мерный вектор; u – скалярная функция.

Требуется построить управление u , переводящее объект из произвольного начального положения $x(0)$ в конечное $x(T)=0$ за время T . Один из методов решения этой задачи состоит в минимизации величины $J = \frac{1}{2} \int_0^T u^2 dt$ при ограничении $x(T)=0$ [1]. Пусть $w(t)$ – весовая матрица системы $y = Ay$, $H = wb$. Предположим, что функции h_1, \dots, h_n линейно независимы на $[0, T]$. Следуя [1], определяем оптимальное управление

$$u(\tau, x) = -k(\tau)x(t), \quad \tau = T - t, \\ k(\tau) = H^T(\tau) G^{-1}(\tau) w(\tau), \quad G(\tau) = \int_0^\tau H H^T d\theta.$$

Матрица $G(\tau)$ является вырожденной при $\tau = 0$, а при малых τ – плохо обусловленной. Будем полагать $\tau \geq \Delta > 0$, Δ – некоторая постоянная. Если модель процесса представлена в форме $\dot{x} = Ax + bu + f(t)$, где $f(t)$ – заданная функция, а граничные условия – $x(T) = x_T$, то управление будет иметь вид

$$u(\tau, x) = -H^T(\tau) G^{-1}(\tau) \{w(\tau)x(t) - x_T + \int_0^\tau w(\theta) f(T - \theta) d\theta\}.$$

Обратим внимание на следующее обстоятельство: оптимальная конструкция позволяет выявить предельные свойства переменных коэффициентов при $\tau \rightarrow \infty$ и при $\tau \rightarrow 0$, а они, как далее будет показано, связаны со свойствами устойчивости и точности процесса. Асимптотическая устойчивость решения системы (1) означает, что терминальная ошибка $\|x(T - \Delta)\|$ стремится к нулю, когда T неограниченно растет. Это свойство отражает то обстоятельство, что реальные процессы могут протекать при различных значениях T , теоретически сколь угодно больших [3, 4]. Под точностью здесь понимается предельное свойство: $\|x(t)\| \rightarrow 0$ при $t \rightarrow T$. Последнее требует доказательства, поскольку решение уравнения связи имеет смысл при $\tau > 0$; в точке $\tau = 0$ переменные коэффициенты $k_i(\tau)$ имеют полюс.

Далее будем рассматривать систему (1) частного вида:

К ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНЕЧНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

О.С. Селивохин, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,
М.А. Ермолина, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник,
Д.В. Першин, инженер,
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 449 6526

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_i &= -\sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} x_k, \quad i = 1, \dots, n-1; \\ \dot{x}_n &= \sum_{k=1}^n a_{nk} x_k + U(\tau, x); \\ U &= -\sum_{i=1}^n k_i(\tau) x_i(t), \quad \tau = T - t, 0 \leq t \leq T. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Будем полагать, что $a_{12} a_{23} \dots a_{n-1, n} \neq 0$. Дальнейший анализ направлен на решение следующих задач: 1) выяснение условий асимптотической устойчивости решения; 2) определение условий, при которых $x(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow T$; 3) конструирование закона управления, который посредством выбора параметров придает процессу вышеуказанные свойства.

СВОЙСТВА ПРОЦЕССА

Предположим, что переменные коэффициенты закона управления допускают следующие представления:

а) при $\tau \rightarrow \infty$: $k_i(\tau) = k_i^{(0)} + k_i^{(1)} \tau^{-1} + k_i^{(2)}(\tau)$, $k_i^{(2)}(\tau) = O(\tau^{-2})$;
б) при $\tau \rightarrow 0$: $k_i(\tau) = \tau^{i-n-1} p_i(\tau)$, $i = 1, \dots, n$,

где $p_i(\tau)$ ($i = 1, \dots, n$) – функции, регулярные в точке $\tau = 0$.

Пусть система (2) представлена в виде

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= [A_0 + A_1 \tau^{-1} + A_2(\tau)] x; \\ A_0 &= A - bK^{(0)}; A_1 = -bK^{(1)}; A_2(\tau) = -bK^{(2)}(\tau); \\ A &= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n1} & a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}; b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}; K^{(j)} = \\ &= (k_1^{(j)} \dots k_n^{(j)}), j = 0, 1, 2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

1. Рассмотрим вначале условия устойчивости полученной системы со многими нестационарными обратными связями [5]. Предположим, что собственные значения $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ матрицы A_0 – простые. Преобразование подобия $x = P y$ приводит систему (3) к виду

$$\dot{y} = B(\tau)y, \quad B(\tau) = B_0 + B_1 \tau^{-1} + B_2(\tau);$$

$$B_0 = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n); B_1 = P^{-1} A_1 P;$$

$$B_2(\tau) = P^{-1} A_2(\tau) P.$$

Здесь P – матрица преобразования к диагональному виду матрицы A_0 . Положим $t = T - \theta$ и пусть $Z(\theta)$ – $n \times n$ -матрица, определяемая уравнением

$$Z'_\theta = B^T(\theta)Z, \quad \theta \geq \Delta, \quad Z(\Delta) = E;$$

$$B(\theta) = B_0 + B_1 \theta^{-1} + B_2(\theta), \quad \|B_2(\theta)\| = O(\theta^{-2}), \quad \theta \rightarrow \infty.$$

По свойству инверсно-сопряженных систем [3]

$$y(T - \Delta) = Z^T(T) y(0). \quad (4)$$

Столбцы матрицы Z удовлетворяют уравнению

$$z'_\theta = B^T(\theta)z, \quad \theta \geq \Delta. \quad (5)$$

Обратимся к теореме 10 в [6]; из нее следует, что решения уравнения вида (5) представляют собой линейные комбинации функций, имеющих при $\theta \rightarrow \infty$ следующий вид:

$$z^{(k)}(\theta) = e^{\lambda_k \theta} (a_k + O(1)), k = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Здесь μ_k – коэффициент в разложении собственного значения $\lambda_k(\theta)$ матрицы $B(\theta)$: $\lambda_k(\theta) \sim \lambda_k + \mu_k \theta^{-1} + \dots, \theta \rightarrow \infty$, a_k – постоянный ненулевой вектор.

Способ вычисления коэффициента μ_k приведен в [7]; в случае диагональной матрицы B_0 получим $\mu_k = b_{kk}^{(1)}$ – диагональный элемент матрицы $B_1 = P^{-1} A_1 P$. Таким образом, элементы матрицы $Z(T)$ в формуле (4) являются линейными комбинациями функций вида (6), при этом

$$\|z^{(k)}(T)\| = O\left(e^{\operatorname{Re} \lambda_k T} T^{\operatorname{Re} b_{kk}^{(1)}}\right), T \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Формула (6) следует также из теоремы 12.3 [8] и п. 129 [9]. Достаточные условия асимптотической устойчивости решения системы (3) в случае простых собственных значений матрицы A_0 состоят в следующем: вещественные части собственных значений неположительны, т. е. $\operatorname{Re} \lambda_i \leq 0 (i = 1, \dots, n)$, причем, если $\operatorname{Re} \lambda_i = 0$, то вещественная часть соответствующего диагонального элемента матрицы $P^{-1} A_1 P$ – отрицательна, т. е. $\operatorname{Re} \mu_i < 0$. При выполнении этих условий $\|y(T - \Delta)\| \rightarrow 0$ при $T \rightarrow \infty$ и, как следствие, $\|x(T - \Delta)\| \rightarrow 0$.

Предположим, что в правые части уравнений (2) аддитивно входят функции $f_1(t), \dots, f_n(t)$, отражающие возмущения, причем $\|f(t)\| \leq M, t \geq 0$. Пусть также выполнены неравенства $\operatorname{Re} \lambda_i \leq 0$, причем, если $\operatorname{Re} \lambda_i = 0$, то $\operatorname{Re} \mu_i < -1$. В этом случае терминальная ошибка $\|x(T - \Delta)\|$ ограничена при $T \geq \Delta$, т. е. процесс устойчив по отношению к постоянно действующим возмущениям – в смысле «ограниченный вход – ограниченный выход» [5].

2. Рассмотрим далее свойство точности [10]. Запишем систему (2), полагая независимой переменной τ :

$$\left. \begin{aligned} x_i' &= -\sum_{k=1}^{i-1} a_{ik} x_k, i = 1, \dots, n-1; \\ x_n' &= \sum_{k=1}^n [\tau^{k-n-1} p_k(\tau) - a_{nk}] x_k. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Пусть $x_k \tau^{-n-k} \eta_k, k = 1, \dots, n$; дифференцируя эти выражения и подставляя в уравнения (8), получаем систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} \tau \eta_i' &= -(n-i) \eta_i - a_{i,i+1} \eta_{i+1} - \sum_{k=1}^i a_{ik} \tau^{i+1-k} \eta_k, \\ i &= 1, \dots, n-1; \\ \tau \eta_n' &= \sum_{k=1}^n (p_k - a_{nk} \tau^{n+1-k}) \eta_k. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Матрицу $\Gamma(\tau)$ системы (9) представим следующим образом: $\Gamma(\tau) = \Gamma(0) + \Gamma_1(\tau)$;

$$\Gamma(0) = \begin{pmatrix} -(n-1) & -a_{12} & \dots & 0 \\ 0 & -(n-2) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_1(0) & p_2(0) & \dots & p_n(0) \end{pmatrix}; \quad (10)$$

$$\|\Gamma_1(\tau)\| \leq c_1 \tau; \tau \in [0, T];$$

(c_1 – некоторая постоянная). Предположим, что собственные значения p_1, \dots, p_n матрицы $\Gamma(0)$ – простые. Пусть $\tau = \theta^{-1}, \theta \geq \theta_0 = T^{-1}$. Запишем систему (9) в векторной форме

$$\eta' = -\Gamma(0) \theta^{-1} \eta + R(\theta) \eta, \quad (11)$$

где $R(\theta) = -\theta^{-1} \Gamma_1(\theta^{-1}), \|R(\theta)\| \leq c_1 \theta^{-2}$.

Второе слагаемое в правой части равенства (11) будем рассматривать в качестве возмущения уравнения $y_0' = -\Gamma(0) \theta^{-1} y$; фундаментальная матрица этой системы может быть записана в форме

$$\theta, \theta_1) = Q \operatorname{diag}((\theta_1 / \theta)^{p_1} \dots (\theta_1 / \theta)^{p_n}) Q^{-1},$$

где Q – матрица преобразования к диагональному виду матрицы $\Gamma(0)$.

Теперь можно записать

$$\eta(\theta) = Y(\theta, \theta_0) \eta(\theta_0) + \int_{\theta_0}^{\theta} Y(\theta, \theta_1) R(\theta_1) \eta(\theta_1) d\theta_1.$$

Предположим, что $\operatorname{Re} p_i < 0 (i = 1, \dots, n)$ и пусть p_0 – вещественная постоянная,

$$0 < p_0 \leq \min\{\operatorname{Re} p_i\}.$$

Справедливы неравенства:

$$\begin{aligned} \|Y(\theta, \theta_1)\| &\leq c_2 (\theta_1 / \theta)^{p_0}, \theta_0 \leq \theta_1 \leq \theta; \\ \theta^{p_0} \|\eta(\theta)\| &\leq C_0 + c_1 c_2 \int_{\theta_0}^{\theta} \theta_1^{p_0} \|\eta(\theta_1)\| \theta_1^{-2} d\theta_1; \\ C_0 &= c_2 \theta_0^{p_0} \|\eta(\theta_0)\|. \end{aligned} \quad (12)$$

Обозначим $\theta^{p_0} \|\eta(\theta)\| = u, c_1 c_2 \theta^{-2} = v$, и перепишем неравенство:

$u \leq C_0 + \int_{\theta_0}^{\theta} u v d\theta_1$. Применим к этому неравенству основную лемму [6]; в результате получим оценку

$$\|\eta(\theta)\| \leq C_0 \exp \frac{c_1 c_2}{\theta_0} \theta^{-p_0}.$$

Последнее неравенство показывает, что $\|\eta(\theta)\|$ стремится к нулю при $\theta \rightarrow \infty$. Таким образом, в случае простых собственных значений матрицы $\Gamma(0)$ неравенство $\operatorname{Re} p_i < 0 (i = 1, \dots, n)$ является достаточным условием для того, чтобы при $\tau \rightarrow 0 \eta(\tau) \rightarrow 0$ и, следовательно, $x(\tau) \rightarrow 0$.

3. Далее рассмотрим свойство процесса в системе (2) подавлять внешние возмущения. Пусть модель (2) дополнена аддитивно входящими в правые части уравнений функциями $f_1(t), \dots, f_n(t)$. Покажем, что в отношении выходной переменной $x_i(t)$ выполняется предельное свойство: $x_i(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow T$, несмотря на действие возмущений. Введем переменные $\eta_k = \tau^{k-n} x_k (k = 1, \dots, n)$ и примем в качестве аргумента τ ; в результате получим следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \tau \eta_i' &= -(n-i) \eta_i - a_{i,i+1} \eta_{i+1} - \sum_{k=1}^i a_{ik} \tau^{i+1-k} \eta_k - \\ &- \tau^{i+1-n} f_i(T - \tau), i = 1, \dots, n-1; \\ \tau \eta_n' &= \sum_{k=1}^n [k_k^{(1)} - (k_k^{(0)} - a_{nk}) \tau^{n+1-k}] \eta_k - f_n(T - \tau) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

В векторно-матричной форме система (13) будет иметь вид

$$\begin{aligned} \tau \eta' &= \Gamma(\tau) \eta + \varphi(\tau); \\ \varphi_k(\tau) &= -\tau^{k+1-n} f_k(T - \tau), k = 1, \dots, n, \end{aligned}$$

матрица $\Gamma(\tau)$ – вида (10). Рассмотрим решение системы (13) с нулевыми начальными условиями.

Пусть $\tau = \theta^{-1}$; запишем

$$\eta_0' = -\Gamma(0) \theta^{-1} \eta + R(\theta) \eta - \varphi(\theta^{-1})^{-1}, \theta \geq \theta_0 \quad (14)$$

Оценим составляющую решения

$$\eta^{(1)}(\theta) = \int_{\theta_0}^{\theta} Y(\theta, \theta_1) \varphi(\theta_1^{-1}) \theta_1^{-1} d\theta_1,$$

принимая во внимание, что $\|\varphi(\theta^{-1}) \theta^{-1}\| \leq M \theta^{-n-3}, \theta \geq \theta_0$.

В результате получим неравенство

$$\theta^{p_0} \|\eta^{(1)}(\theta)\| \leq w(\theta), w(\theta) = M(c_3 + c_4 \theta^{p_0+n-2}), (p_0 + n - 2 \neq 0). \quad (15)$$

Функция $w(\theta)$ – монотонно неубывающая, так как $p_0 > 0$ и $n \geq 2$. Из уравнения (14) и неравенства (15) следует неравенство $u(\theta) \leq w(\theta) + \int_{\theta_0}^{\theta} uv d\theta$.

Согласно лемме [11, с. 72], из него получим оценки

$$u \leq w \exp \frac{c_1 c_2}{\theta_0}, \|\eta(\theta)\| \leq M(c_5 \theta^{-p_0} + c_6 \theta^{n-2}),$$

последнее влечет за собой неравенства

$$\|\eta(\tau)\| \leq M(c_5 \tau^{p_0} + c_6 \tau^{2-n}), |x_1(\tau)| \leq M(c_5 \tau^{p_0+n-1} + c_6 \tau),$$

следовательно, $x_1(\tau) \rightarrow 0$ при 0.

ВОЗМОЖНАЯ СТРУКТУРА ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрим систему (2), в которой коэффициенты закона управления имеют следующий вид: $k_i(\tau) = k_i^{(0)} + k_i^{(1)} \tau^{i-n-1}$, где $k_i^{(0)}, k_i^{(1)}$, – постоянные, $i = 1, \dots, n$. Предположим, что коэффициенты $k_i^{(0)}$ выбраны так, что собственные значения матрицы

$$A_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} - k_1^{(0)} & a_{n2} - k_2^{(0)} & \dots & a_{nn} - k_n^{(0)} \end{pmatrix}$$

различны и имеют отрицательные вещественные части, а коэффициенты $k_j^{(1)}$ таким образом, что собственные значения матрицы

$$\Gamma(0) = \begin{pmatrix} -(n-1) & -a_{12} & \dots & 0 \\ 0 & -(n-2) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_1^{(1)} & k_2^{(1)} & \dots & k_n^{(1)} \end{pmatrix}$$

– простые и вещественные части их – положительные. В этом случае процесс асимптотически устойчив, терминальная ошибка ограничена при $T \geq \Delta$ и стремится к нулю, когда $\tau \rightarrow 0$.

З а м е ч а н и е 1. На постоянные коэффициенты закона управления налагаются условия, связанные с собственными значениями матриц A_0 и $\Gamma(0)$, которые выделяют множество возможных управлений. Определенная свобода выбора коэффициентов может быть использована для поиска эффективных (компромиссных) значений параметров, поскольку реальные задачи управления по существу являются многокритериальными. (Например, при выборе передаточных чисел автопилота принимают во внимание целый ряд характеристик – время переходного процесса, параметры колебательности, запасы устойчивости, статистические характеристики точности стабилизации и т. д. Свести эти разнородные показатели в один критерий оптимальности весьма сложно).

ПОСТРОЕНИЕ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ

Продемонстрируем на двух примерах применение результатов п. 1–3.

Пример 1. Рассмотрим задачу выведения самолета на заданную линию пути. Будем полагать, что управление центром масс осуществляется посредством боковой

аэродинамической силы, обусловленной углом скольжения. Приближенные уравнения движения запишем в форме $\dot{z} = V\varphi$, $\dot{\varphi} = T_0^{-1}(\Psi - \varphi)$, где z – боковое отклонение; φ – угол траектории; Ψ – угол рыскания; V – воздушная скорость; T_0 – постоянная времени вектора скорости. Пусть $t = T_0 t_1$, $\tilde{z} = VT_0 x_1$, $\varphi = x_2$, $\Psi = u(t)$. Перепишем уравнения, опустив индекс у аргумента

$$x_1 = x_2, x_2 = u - x_2. \quad (16)$$

а) В данном случае

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; b = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}; w(t) = \begin{pmatrix} 1 & 1 - e^{-t} \\ 0 & e^{-t} \end{pmatrix};$$

$$H(t) = \begin{pmatrix} 1 - e^{-t} \\ e^{-t} \end{pmatrix}.$$

После подстановки этих выражений в формулы для определения элементов матрицы $G(\tau)$ получим

$$g_{11} = -2(1 - e^{-\tau}) + \frac{1 - e^{-2\tau}}{2}; g_{12} = 1 - e^{-\tau} - \frac{1 - e^{-2\tau}}{2};$$

$$g_{22} = \frac{1 - e^{-2\tau}}{2}; |G| = g_{11}g_{22} - g_{12}^2;$$

$$k_1(\tau) = \frac{1}{|G|} [(1 - e^{-\tau})g_{22} - e^{-\tau}g_{12}]; \quad (17)$$

$$k_2(\tau) = \frac{1}{|G|} [(1 - e^{-\tau})^2 g_{22} - 2e^{-\tau}(1 - e^{-\tau})g_{12} + e^{-2\tau}g_{11}].$$

Оптимальное управление

$$u(\tau, x) = -k_1(\tau)x_1 - k_2(\tau)x_2. \quad (18)$$

Можно показать, что

$$k_1(\tau) \sim 6\tau^{-2}, k_2(\tau) \sim 4\tau^{-1},$$

$$k_1(\tau) \sim \tau^{-1}, k_2(\tau) \sim \tau^{-1}, \tau \rightarrow \infty.$$

Определим матрицы

$$A_0 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Собственные значения матрицы A_0 : $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = -1$. Матрица преобразования к диагональному виду матрицы A_0 :

$$P = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; P^{-1}A_0P = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Коэффициент $\mu = -1$. Это означает, что $\|x(T - \Delta)\| = 0(T^{-1})$, $T \rightarrow \infty$.

Далее получим

$$\Gamma(0) = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}.$$

Собственные значения матрицы $\Gamma(0)$: $p_1 = 1, p_2 = 2$, следовательно $x(\tau) \rightarrow \text{прит} \rightarrow 0$. Таким образом, оптимальное управление придает процессу свойства асимптотической устойчивости и предельное свойство точности.

б) В качестве альтернативного рассмотрим управление

$$U(\tau, x) = -\tilde{k}_1(\tau)x_1 - \tilde{k}_2 x_2;$$

$$\tilde{k}_1 = \tilde{k}_0^{(1)} + \tilde{k}_1^{(1)} \tau^{-2}, \tilde{k}_2 = \tilde{k}_0^{(2)} + \tilde{k}_1^{(2)} \tau^{-1}. \quad (19)$$

Пусть коэффициенты выбраны так, что собственные значения матрицы

$$A_0 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -k_0^{(1)} & -(1 + k_0^{(2)}) \end{pmatrix}$$

различны и имеют отрицательные вещественные части, а собственные значения матрицы

$$\Gamma(0) = \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ k_1^{(1)} & k_1^{(2)} \end{pmatrix}$$

– просты и имеют положительные вещественные части. Согласно изложенному в п. 2 система (16) с управлением $u = U$ также будет удовлетворять требованиям асимптотической устойчивости и предельной точности.

в) Предположим далее, что граничные условия для системы (16) заданы в форме $x_1(T) = x_{1T}, x_2(T) = x_{2T}$. Можно показать, что для оптимального управления (3) при $\tau \rightarrow 0$ справедливо следующее представление:

$$u(\tau, x) \sim -\frac{6}{\tau^2}(x_1 - x_{1T}) - \frac{4}{\tau}(x_2 - x_{2T}) - \frac{6x_{2T}}{\tau}.$$

В качестве управления U примем

$$U(\tau, x) = -\tilde{k}_1(x_1 - x_{1T}) - \tilde{k}_2(x_2 - x_{2T}) - \frac{\tilde{k}_3 x_{1T}}{\tau}; \quad (20)$$

здесь k_3 – постоянный коэффициент. Можно показать, что управление (20) сообщает процессу заданные граничные условия, если $k_1^{(1)} \neq k_1^{(2)}$ и $k_3 = k_1^{(1)}$.

Сопоставление оптимального и альтернативного законов управления проводилось посредством математического моделирования. Значения коэффициентов выбраны следующими: $k_0^{(1)} = 1$, $k_0^{(2)} = 0,5$, $k_1^{(1)} = 12$, $k_1^{(2)} = 6$. При этом собственные значения матрицы A_0 : $\lambda_{1,2} = -0,75 \pm \pm 0,66j$; собственные значения матрицы $\Gamma(0)$: $\rho_1 = 2$, $\rho_2 = 3$, $\Delta = 0,025$.

Графики изменения переменных $x_1(t)$, $x_2(t)$ приведены на рис. 1–4. Процессы на рис. 2 и 3 соответствуют модели (16), в которой первое уравнение имеет вид $\dot{x}_1 = x_2 + w(t)$; функция $w(t)$ отражает внешнее воздействие, например, ветер.

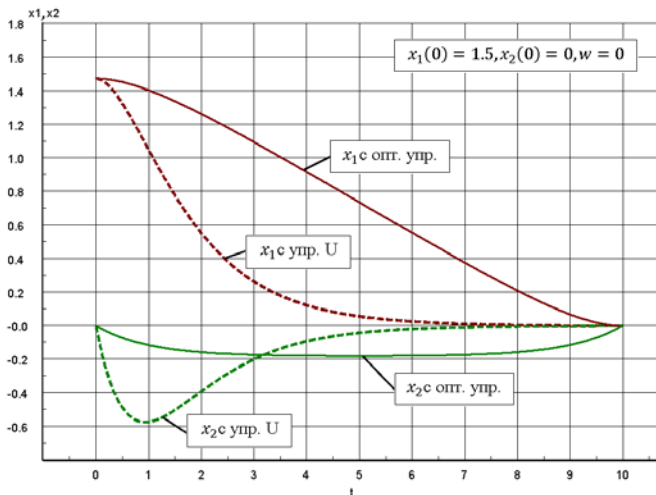


Рис. 1

Данные моделирования показывают, что процессы сходятся к заданным граничным значениям.

Пример 2. Рассмотрим задачу преследования. В качестве модели управляемого сближения примем систему из примера 1, несколько изменив первое уравнение $\dot{z} = V_A \varphi + V_B$. Здесь z – относительное боковое отклонение; V_A , V_B – значения скоростей преследователя и преследуемого, принимаемые постоянными. Положим $z = V_A T_0 x_1$, $\varphi = x_2$, $t = T_0 t_1$ и перейдем к системе

$$\dot{x}_1 = x_2 + w, \dot{x}_2 = u - x_2, w = W_A // W_B, \quad (21)$$

Временно положим $w = 0$ и построим оптимальное управление, решающее задачу: $x_1(T) = 0$; на величину $x_2(T)$ ограничение не налагается.

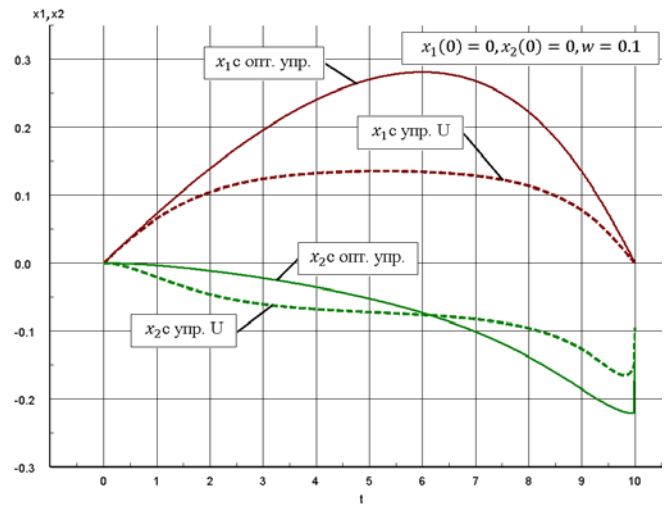


Рис. 2

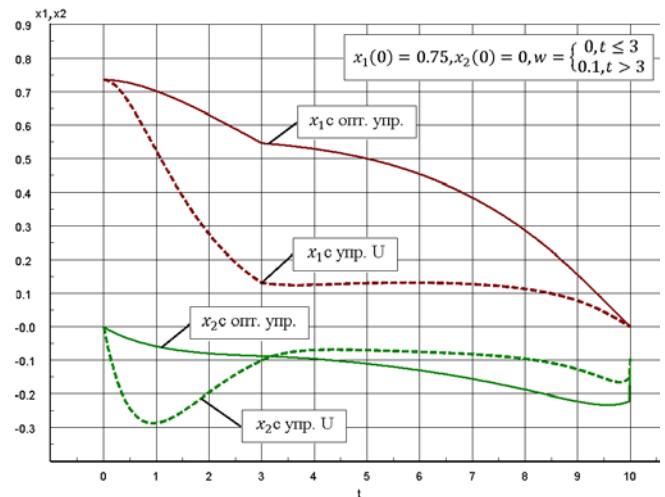


Рис. 3

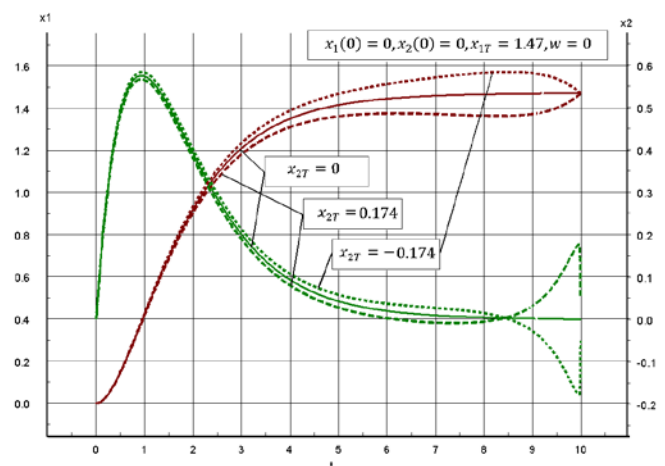


Рис. 4

Оптимальное управление будет иметь вид

$$\begin{aligned} u(\tau, x) &= -k_1(\tau)x_1(t) - k_2(\tau)x_2(t); \\ k_1(\tau) &= (1 - e^{-\tau})g^{-1}(\tau); \\ k_2(\tau) &= (1 - e^{-\tau})^2 g^{-1}(\tau); \\ g(\tau) &= \tau - 2(1 - e^{-\tau}) + \frac{(1 - e^{-2\tau})}{2}. \end{aligned} \quad (22)$$

При $\tau \rightarrow 0$

$$u(\tau, x) \cong -3 \left(\frac{x_1}{\tau^2} + \frac{x_2}{\tau} \right).$$

Выражение, стоящее в скобке, можно интерпретировать как угловую скорость линии визирования [12, гл. 5, пример 2]. Управление, при котором скорость поворота вектора скорости пропорциональна угловой скорости линии визирования, – это известный метод пропорциональной навигации. Можно показать таким же образом, как в примере 1, что управление (22) сообщает системе (21) свойства асимптотической устойчивости и точности в том смысле, что $x_1(\tau) \rightarrow 0$ при $\tau \rightarrow 0$. В качестве альтернативного рассмотрим управление (19) с точно такими же значениями постоянных коэффициентов, как в примере 1.

Сравнение законов управления проводилось при условиях: $x_1(0) = 0, x_2(0) = 0, w = 0,1, \Delta = 0,2$. В качестве критерия выбрана величина

$$q(T) = w^{-1} \{ x_1(T - \Delta) + \Delta [x_2(T - \Delta) + w] \} \cong w^{-1} x_1(T).$$

На рис. 5 приведены графики изменения величины q в зависимости от длительности процесса.

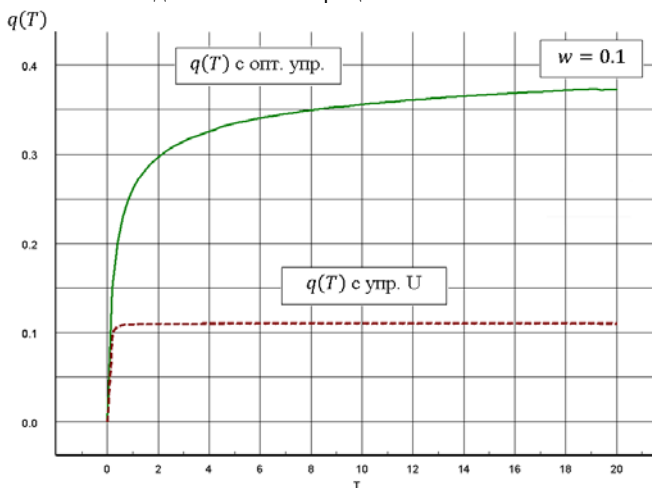


Рис. 5

Из данных расчета следует, что при оптимальном управлении наблюдается рост модуля величины $q(T)$ с увеличением T , при альтернативном управлении эта величина остается ограниченной. Условия устойчивости системы вида (21) по отношению к постоянно действующим возмущениям приведены в п. 2.1. В данном случае $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = -1, \mu_1 = -1$. Можно показать, что $q(T) = O(\ln T)$ при $T \rightarrow \infty$, что согласуется с результатами моделирования. Таким образом, система (21) с оптимальным управлением асимптотически устойчива по отношению к начальным возмущениям и неустойчива по отношению к постоянно действующим возмуще-

ниям, в отличие от управления U , удовлетворяющего всем требованиям устойчивости.

Замечание 2. Уравнения динамики записаны в предположении, что допустимо пренебречь боковой силой руля направления. Подобным образом может быть рассмотрена модель четвертого порядка с переменными состояниями z, φ и ω_y (угловая скорость рыскания) и для нее построено альтернативное управление рассмотренного вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен метод синтеза закона управления, основанный на качественном анализе линейных систем со многими нестационарными обратными связями и особой точкой, что открывает возможность прямого изучения асимптотических свойств замкнутой системы. При этом имеется возможность формировать ее устойчивость, точность и другие характеристики качества. Целесообразность такого подхода подтверждена хорошим согласованием данных асимптотического анализа и численного моделирования в задачах, решенных в качестве примеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский Н. Н. Теория управления движением. Линейные системы. – М.: Наука, 1968.
2. Батенко А. П. Управление конечным состоянием движущихся объектов. – М.: Советское радио, 1977.
3. Барабанов А. Т. Методы исследования систем с переменными коэффициентами. – Методы исследования нелинейных систем автоматического управления / Под ред. Р. А. Нелепина – М.: Наука, 1975.
4. Федосов Е. А., Инсаров В. В., Селивохин О. С. Системы управления конечным положением в условиях противодействия среды. – М.: Наука, 1989.
5. Селивохин О. С. Анализ устойчивости нестационарных динамических моделей одного класса. – Сб. докл. науч. сессия ГУАП, ч II, 5–11 апреля 2012 г., с. 146–147.
6. Беллман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. – М.: Иностран. лит-ра, 1954.
7. Александров Ю. С. Об устойчивости движения автоматических систем с управляющими ЦВМ. – Тр. семинара «Динамика управления, контроля и организация движения автономных объектов». – Л.: Изд-во ЛГУ, 1966.
8. Вазов В. Асимптотические разложения решений обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1968.
9. Смирнов В. И. Курс высшей математики. Т. 3. Ч. 2. – М.: Наука, 1969.
10. Селивохин О. С. К задаче управления конечным положением. – Сб. докл. Науч. сессия ГУАП, ч II, 9–11 апреля 2013 г., с. 152–153.
11. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. – М.: Мир, 1967.
12. Брайсон А., Хо Ю-Ши. Прикладная теория оптимального управления. – М.: Мир, 1972. ■

Стратегия освоения морского шельфа, а также постоянное расширение использования вертолетов на судах, буровых и нефтегазодобывающих платформах для решения широкого круга задач диктуют необходимость создания автоматизированных систем управления полетами вертолетов.

Данные системы должны:

- повысить безопасность эксплуатации судов, морских платформ и вертолетов, эффективность управления экипажами вертолетов, степень реализации потенциальных возможностей авиационного обеспечения;

- снизить требования к гидрометеорологическим условиям и качке судна (платформы) при применении вертолетов;

- улучшить эргономические характеристики рабочего места и условия труда руководителя полетов (диспетчера), способствующие снижению воздействия стрессов, нервного напряжения и усталости, уменьшению количества ошибок.

В настоящее время ОАО «НПФ «Меридиан» завершает разработку такой системы, предназначенной для оборудования диспетчерских пунктов управления воздушным движением, размещаемых на перечисленных выше объектах.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ, РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ И СОСТАВ СИСТЕМЫ

Система обеспечивает:

- а) автоматизацию функций, выполняемых руководителем полетов вертолетов (РП) при их планировании полетов для выполнения авиационных работ, взлете, заходе на посадку и посадке вертолетов, полете вертолетов по заданным маршрутам и в районе выполнения авиационных работ;

- б) документирование информации о полетах вертолетов и действиях РП (диспетчера);

- в) тренировку РП (диспетчера) навыкам управления полетами вертолетов.

Основными задачами, решаемыми РП (диспетчером) с использованием системы, являются:

- контроль готовности к полету вертолетов, которые базируются на судне (платформе), взлетно-посадочной площадке (ВППл) и технических средств обеспечения полетов;

- непрерывный контроль воздушного пространства в зоне полетов;

- обеспечение выпуска вертолетов в установленное время для выполнения полетных заданий;

- руководство действиями экипажей вертолетов в зоне полетов;

- своевременное принятие необходимых мер по оказанию помощи экипажам в особых случаях в полете и при резком ухудшении гидрометеорологических условий;

- обеспечение посадки вертолетов на взлетно-посадочную площадку судна или платформы.

В состав системы входят (рис. 1):

- интегрированный пульт руководителя полетов (ИПРП), представляющий собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора с набором плоскопанельных мониторов;

- прибор сопряжения с источниками первичной радиолокационной информации;

- видеокамера для документирования обстановки в помещении диспетчерского пункта;

- две видеокамеры для наблюдения за управляемым вертолетом на взлетно-посадочной площадке и в ближней зоне полетов;

- принтер.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ ВЕРТОЛЕТОВ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКИХ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

О.Н. Музыченко, д-р техн. наук, проф., гл. конструктор,
В.А. Пегушин, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
вед. инженер-программист, АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375 доб. 147 или 164,
+7 (953) 341 8332, +7 (921) 302 8256

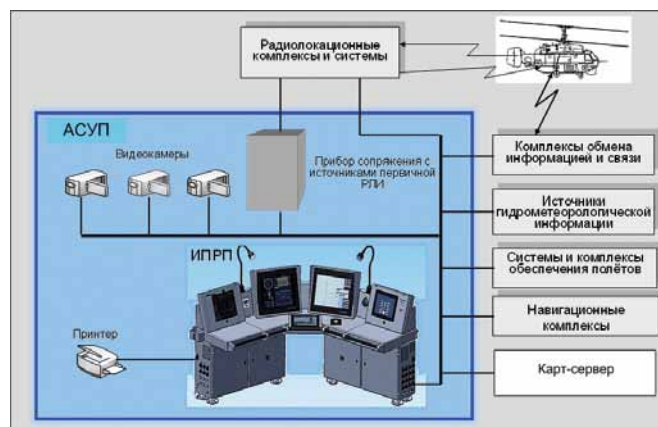


Рис. 1. Структурная схема АСУП

Система взаимодействует с радиолокационными комплексами и системами, средствами обмена информацией и связи, источниками гидрометеорологической информации, специализированными системами и комплексами обеспечения полетов, навигационными средствами, карт-сервером.

Интегрированный пульт РП является основой системы, конструктивно представляет собой трехмодульный комплекс, включающий левый, центральный и правый модули (рис. 2). Пульт может адаптироваться для размещения в диспетчерских пунктах различной конфигурации за счет использования столешницы различной формы.

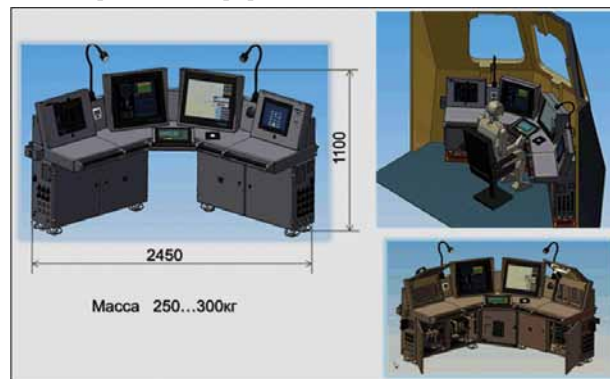


Рис. 2. Внешний вид ИПРП

В левом модуле размещается многофункциональный абонентский терминал, который обеспечивает громкоговорящую связь с постами судна (платформы), внутрисудовую и внешнюю телефонную связь, прослушивание основного и резервных каналов приводной радиостанции в громкоговорящем режиме, преобразование в цифровой вид радиобмена РП (диспетчера) с экипажами вертолетов, а также переговоров

РП с постами судна (платформы), с выдачей этой информации в средства документирования по сети Ethernet.

В *центральной модуле* размещаются индикатор взлета и посадки вертолета (ИВП), индикатор воздушной и надводной обстановки (ИВНО), панель сенсорного ввода и трекбол.

В *правом модуле* размещается индикатор состояния систем (ИСС), позволяющий РП (диспетчеру) выполнять контроль готовности обеспечивающих систем судна (платформы) к полетам и управление их функционированием в процессе проведения полетов (например, управление светосигнальным оборудованием).

Структура ИПРП представлена на рис. 3. В его состав входят: две графических ЭВМ, главная управляющая ЭВМ с сенсорным экраном, видеосервер, сервер документирования, интерфейсные компьютеры для сопряжения с внешними системами, органы управления (трекбол и подключаемая клавиатура) с коммутатором, обеспечивающим их подключение в любой из ЭВМ, коммутаторы сети, объединяющие все устройства в единую систему с использованием сети Ethernet.

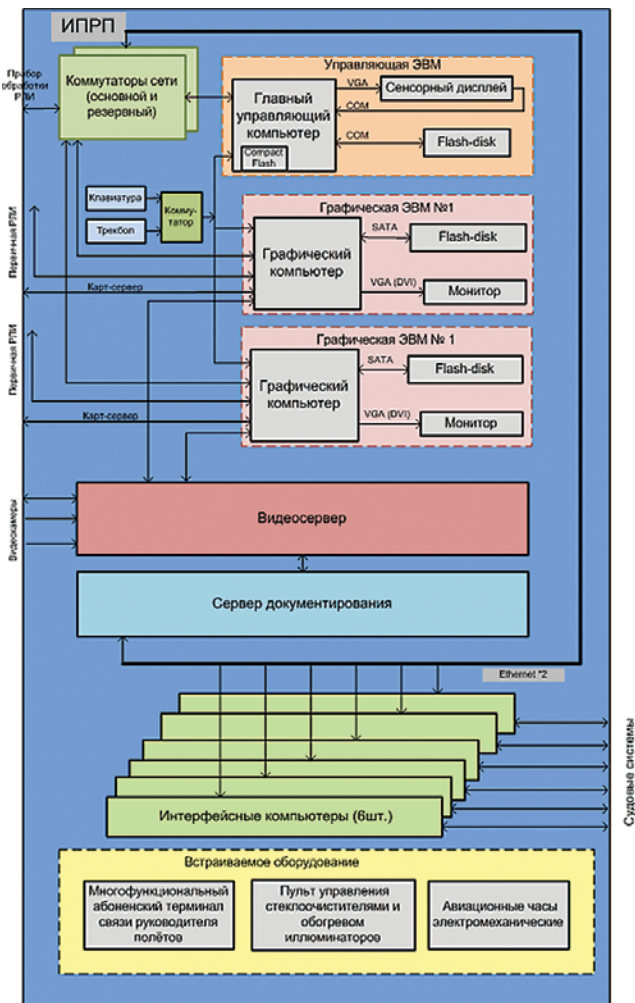


Рис. 3. Структурная схема ИПРП

СОСТАВ И ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ЭКРАНЕ ИВП

Экран индикатора взлета и посадки вертолета условно делится на несколько функциональных зон (рис. 4).

В *левой части экрана* постоянно отображается информация об элементах движения судна и результирующем воздушном потоке на ВППл, качке судна и положении ВППл относительно горизонта, метеоусловиях в районе судна (платформы).

Правая верхняя часть экрана ИВП предназначена для отображения информации с рекомендациями по взлету вертолета и о полете вертолета по глиссаде посадки.

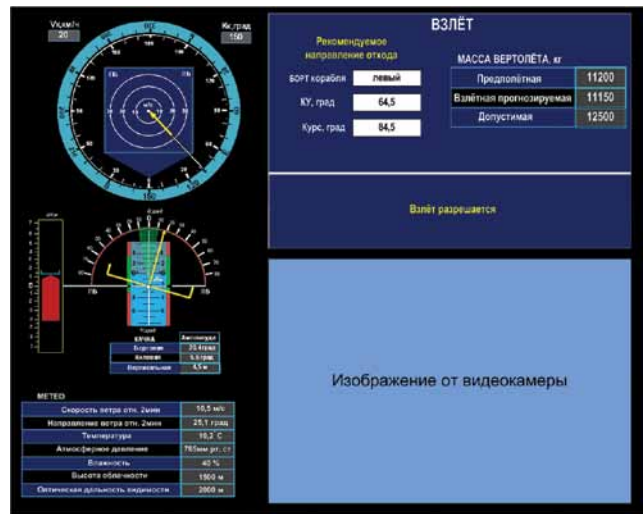


Рис. 4. Вид экрана ИВП (вариант)

При подготовке и выполнении взлета здесь отображается признак запрета/разрешения взлета вертолета. Причем, если взлет вертолета невозможен, то отображается причина, например, «взлет невозможен по килевой качке судна». Если взлет разрешается, то дополнительно отображаются (рис. 4):

- рекомендации по отходу вертолета от судна (борт судна – левый или правый; курсовой угол отхода; курс отхода);
- масса вертолета (предполетная; взлетная прогнозируемая; допустимая по температуре и влажности наружного воздуха).

Информация о полете вертолета по глиссаде посадки представляется в виде, показанном на рис. 5. Здесь отображаются признак запрета/разрешения посадки, информация о параметрах полета вертолета (высота полета, скорость полета, вертикальная скорость, дальность до вертолета) и положении вертолета относительно глиссады, зон допустимых и недопустимых отклонений, а также текущая ширина сектора посадки, в пределах которого должен находиться вертолет.

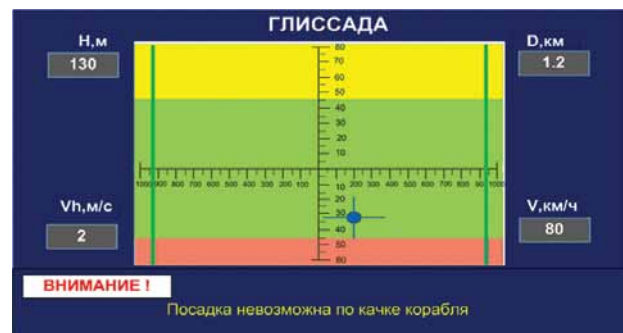


Рис. 5. Экранная форма представления информации о полете вертолета по глиссаде посадки

В *правой нижней части экрана* ИВП отображается информация, поступающая от видеокамер системы.

СОСТАВ И ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ЭКРАНЕ ИВНО

На экране ИВНО выделяются две части (рис. 6). В левой части экрана постоянно отображается электронная навигационная карта, отметки воздушных и надводных объектов, элементы структуры воздушного пространства в зоне ответственности РП (сектора взлета и посадки вертолетов, схема захода вертолета на посадку), заданные маршруты полета вертолетов и рубежи приема передачи управления, отметки запасных аэродромов, запретные (опасные) для полетов зоны, расчетная траектория полета вертолета в исходный пункт маршрута после взлета, а также захода на посадку, формуляры контроля выполнения полетных заданий экипажами вертолетов, которые находятся на управлении.



Рис. 6. Вид экрана ИВНО (вариант)

В правой части экрана расположены три функциональные зоны:

- информационное поле, где постоянно отображаются дата и время, географические координаты, курс и скорость судна, установленные на ИВНО шкала и масштаб карты, информация о состоянии карт-сервера (включён/выключен), единицы измерения электронного визира, угловые и линейные параметры положения электронного визира;
- информационно-управляющее поле с обстановкой в табличном виде;
- информационно-управляющее поле с меню управления решением задач, составом и режимами представления информации на экране ИВНО.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В разрабатываемой системе для решения задач управления используется операционная система реального времени (ОСРВ) QNX, а для отображения информации на индикаторах – ОС Windows.

Системное программное обеспечение включает набор программных модулей, обеспечивающих решение системных задач.

Функциональное программное обеспечение включает систему следующих программных комплексов (ПК): «Подготовка» «Взлёт», «Маршрут» и «Заход и посадка», а также комплекс программ, обеспечивающих интерфейс РП с системой (рис. 7).

ПК «Подготовка» решает следующие основные задачи:

- «Ввод в систему и корректировка: плановой таблицы полетов; полетных заданий для экипажей вертолетов; координат реперной точки; параметров схемы полетов в районе судна (платформы); информации о состоянии вертолетов, запасных аэродромах, запретных (опасных) для полетов зонах»;
- «Производство специальных и инженерно-штурманских расчетов»;
- «Построение маршрутов и выбор режимов полета вертолетов в район выполнения авиационных работ и из района»;
- «Построение траектории полета (маневрирования) вертолетов в районе выполнения авиационных работ»;
- «Формирование документов, необходимых для выполнения полетов вертолетов».

С использованием **ПК «Взлёт»** обеспечивается решение задач:

- «Оценка возможности взлета вертолета по допустимой взлетной массе»;
- «Оценка возможности взлета вертолета по результирующему воздушному потоку на ВПП судна»;
- «Расчет параметров вертикального перемещения ВПП, амплитуд килевой и бортовой качки судна»;
- «Оценка возможности взлета вертолета по качке судна»;
- «Определение направления отхода вертолета от судна при взлете. Построение траектории выхода вертолета на заданный маршрут полета».

ПК «Маршрут» решает задачи:

- «Определение координат точки на заданном маршруте полета, характеризующей плановое местонахождение вертолета в соответствии с полетным заданием»;
- «Контроль выдерживания вертолетом заданного маршрута и режимов полета по месту, времени и расходу топлива. Выработка сигналов при подходе вертолета к рубежу приема/передачи управления, при выходе контролируемых параметров (показателей) за пределы допустимых»;
- «Выработка команд управления экипажу вертолета для

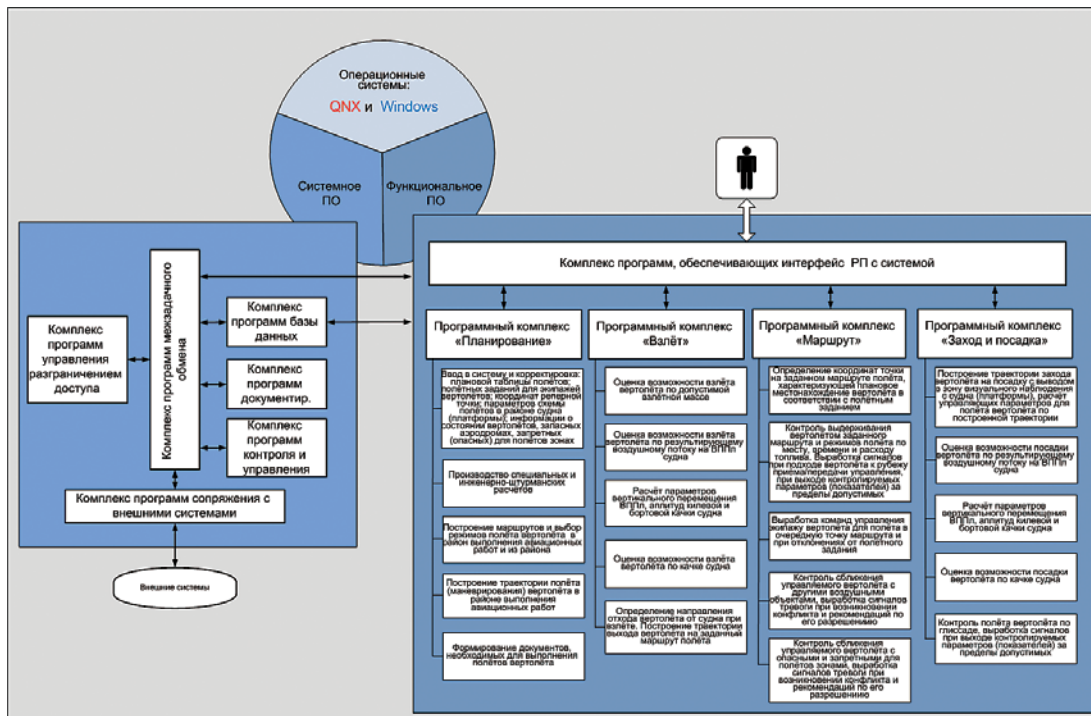


Рис. 7. Состав и структура программного обеспечения АСУП

полета в очередную точку маршрута и при отклонениях от полетного задания»;

– «Контроль сближения управляемого вертолета с другими воздушными объектами, выработка сигналов тревоги при возникновении конфликта и рекомендаций по его разрешению»;

– «Контроль сближения управляемого вертолета с опасными и запретными для полетов зонами, выработка сигналов тревоги при возникновении конфликта и рекомендаций по его разрешению».

На ПК «Заход и посадка» возлагается решение следующих основных задач:

– «Построение траектории захода вертолета на посадку с выводом в зону визуального наблюдения с судна, расчет управляющих параметров для полета вертолета по построенной траектории»;

– «Оценка возможности посадки вертолета по результирующему воздушному потоку на ВППЛ судна»;

– «Расчет параметров вертикального перемещения ВППЛ, амплитуд килевой и бортовой качки судна»;

– «Оценка возможности посадки вертолета по качке судна»;

– «Контроль полета вертолета по глиссаде, выработка сигналов при выходе контролируемых параметров (показателей) за пределы допустимых».

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

После включения системы и идентификации РП (диспетчера) на устройствах отображения информации РП представляются: дата и текущее время, электронная навигационная карта с воздушной и надводной обстановкой в районе судна (платформы), географические координаты, курс и скорость движения судна, информация о метеословиях в районе судна (платформы), данные о качке судна и результирующем воздушном потоке на ВППЛ, видеоинформация об обстановке на ВППЛ, информация о состоянии взаимодействующих систем и комплексов судна (платформы). Также на панели сенсорного ввода появляется главное меню (рис. 8), позволяющее РП (диспетчеру) нажатием экранной кнопки вызвать любое из следующих меню: «Подготовка»; «Взлёт»; «Посадка»; «Документирование»; «Тренаж».

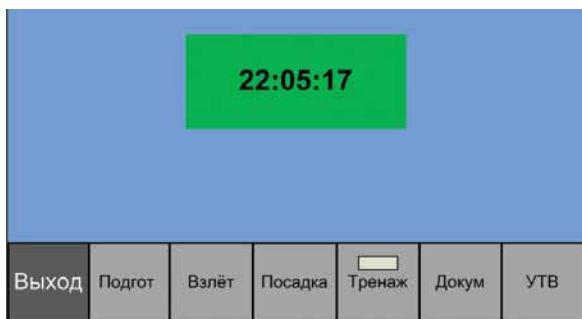


Рис. 8. Главное меню (вариант)

Меню «Подготовка» позволяет:

– выполнять ввод в систему и корректировку: плановой таблицы полетов, полетных заданий для экипажей вертолетов, координат реперной точки, параметров схемы полетов в районе судна (платформы), информации о состоянии вертолетов, запасных аэродромах, запретных (опасных) для полетов зонах;

– планировать полеты вертолетов для выполнения авиационных работ.

С использованием меню «Взлёт» обеспечивается активизация задач одноименного программного комплекса, в результате решения которых на экран ИВП выводится информация с рекомендациями по взлету вертолета (см. рис. 4). Руководитель полетов, используя информацию, представляемую ему системой, оценивает воздушную и надводную обстановку

и условия взлета, принимает решение на выпуск вертолета. В момент отрыва вертолета от ВППЛ, РП дает команду системе начать сопровождение вертолета.

Также с использованием данного меню при выходе взлетевшего вертолета на заданный маршрут полета, осуществляется активизация задач, решаемых ПК «Маршрут». При этом на экран ИВНО выводится формуляр контроля полета вертолета (рис. 6), в котором отображаются: тип и бортовой номер вертолета, индекс (позывной) летчика, номер трассы полета вертолета, присвоенный ему источником информации, этап полета вертолета в виде символа, информация о наличии отклонений вертолета от заданной траектории полета по месту, времени и расходу топлива выше допустимых, наличии опасных сближений вертолета с другими воздушными объектами, с запретными для полетов зонами, информация о поступлении аварийного донесения с борта вертолета.

В зависимости от обстановки, уровня подготовки экипажа, режима работы пилотажно-навигационного комплекса вертолета РП, используя систему, может реализовывать две схемы управления полетом вертолета по заданному маршруту: полет в оперативно назначенную точку или полет по запрограммированному маршруту.

В первом случае РП последовательно назначает экипажу точки, находящиеся на линии пути, которые должен пройти вертолет. При этом каждая следующая точка назначается после того, как будет пройдена вертолетом уже назначенная. Полет в назначенную точку экипаж выполняет самостоятельно. РП осуществляет контроль. Во втором случае экипаж самостоятельно выполняет полет по заданному маршруту. РП производит контроль полета. Полет осуществляется последовательным выводом вертолета в характерные точки маршрута.

При выходе контролируемых параметров за пределы допустимых, а также при наличии опасных ситуаций соответствующие им символы в формуляре контроля изменяют цвет со «спокойного» на «тревожный».

С использованием меню «Посадка» обеспечивается активизация задач программного комплекса «Заход и посадка». Система строит траекторию захода на посадку и формирует рекомендации для полета вертолета по этой траектории, которые отображаются в формуляре контроля.

При выходе вертолета в точку начала глиссады на экране ИВП появляется сигнал разрешения/запрета посадки по условиям качки корабля и результирующего воздушного потока на ВППЛ, видеоинформация о вертолете, заходящем на посадку, отклонения вертолета от глиссады посадки в вертикальной и горизонтальной плоскостях (см. рис. 5).

Используя представленную системой информацию, РП контролирует выход вертолета в точку начала глиссады, движение по глиссаде и висение вертолета перед касанием ВППЛ.

В момент касания вертолетом ВППЛ РП дает команду системе о снятии вертолета с сопровождения. По этой команде система формирует и выдает во взаимодействующие системы сообщения о посадке вертолета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая система позволяет:

– повысить уровень безопасности полетов и эффективность управления экипажами вертолетов на всех этапах полета;

– минимизировать объем оборудования и решить проблемы его размещения на ограниченной площади диспетчерских пунктов управления воздушным движением;

– обеспечить руководителю полетов (диспетчеру) комфортные условия труда, способствующие снижению воздействия стрессов, нервного напряжения и усталости, уменьшению количества ошибок.

Система может быть адаптирована для использования на надводных кораблях ВМФ России и ВМС иностранных государств. ■

Основанный в Крыму в советское время полигон для испытаний разрабатываемых ракет продолжал свою деятельность и после развала Советского Союза. Полигон оставался российским, однако он находился уже в другом государстве – на Украине. Это приводило к многочисленным трудностям. Необходимо было все вопросы, связанные с испытаниями, согласовывать с украинской стороной. Полигону приходилось оплачивать все виды потребляемой энергии и расходы на транспорт. Нередко сложности возникали с закрытием воздушного пространства и назначением дат пусков ракет. Всё это непомерно увеличивало сроки принятия на вооружение новых образцов противокорабельных ракет, что, в свою очередь, влияло на поддержание высокой боеготовности кораблей ВМФ. В современных условиях, когда Крым вернулся в состав России, многие проблемы могут быть сняты. Кроме того, весьма перспективным представляется использование при проведении полигонных испытаний ракет спутниковых навигационных систем. Априори можно утверждать, что это значительно ускорит процесс испытаний и сделает его менее затратным. При этом, естественно, необходима научная проработка всего процесса полигонных испытаний. Разберем подробнее организацию полигонных испытаний противокорабельных ракет с использованием спутниковых навигационных систем.

Основы современной российской глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС были заложены еще в 60–70-е гг. прошлого века. Тогда советские ученые создали первую спутниковую систему «Циклон». Она не отличалась ни точностью, ни скоростью передачи данных. И мало кто из авторов того проекта мог тогда предположить, насколько важны и перспективны их разработки для различных областей человеческой деятельности.

Сегодня мы имеем современную навигационную систему, которая постоянно совершенствуется. Возросшая точность ГНСС ГЛОНАСС при определении местоположения создает предпосылки для более широкого применения этой системы в различных областях науки. Рассмотрим возможность применения глобальной навигационной спутниковой системы при проведении испытаний морского ракетного оружия.

При проведении летного эксперимента в рамках предварительных и государственных испытаний морских крылатых ракет с целью оценки боевых возможностей, проверки и подтверждения тактико-технических и эксплуатационных характеристик, необходимо проведение траекторных измерений и получение телеметрической информации от бортовой передающей аппаратуры испытуемой ракеты. Данные измерения осуществляют станции полигонного измерительного комплекса (ПИК) морского полигона. Траекторные измерения дают следующую информацию в течение всего времени полета ракеты: скорость, ускорение, высоту полета и географические координаты. Эта информация в совокупности с телеметрической информацией (показания приборов и датчиков, расположенных в ракете) необходима для оценки работы узлов и механизмов ракеты, таких как двигатель, высотомер, инерциальная навигационная система (ИНС), головка самонаведения (ГСН), бортовая цифровая вычислительная машина.

Испытывая современные морские крылатые ракеты, имеющие большую дальность, малую высоту и сложную траекторию полета, полигонный измерительный комплекс сталкивается с невозможностью в полной мере провести необходимые измерения. Отчасти это обусловлено характеристиками измерительных станций, которыми вооружен морской полигон.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПРОТИВОКОРАБЕЛЬНЫХ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ НА ФЕОДОСИЙСКОМ ПОЛИГОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Б. И. Марченко, д-р техн. наук, проф.,

В. А. Мосунов, адъюнкт, кап. 2 ранга,

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» им. Н.Г. Кузнецова,
контакт. тел. +7 (921) 740 1465

В настоящее время при проведении траекторных измерений на Феодосийском морском испытательном полигоне используются радиолокационные станции (РЛС) «Кама-Н» и «Кама-А». РЛС «Кама-А» была разработана еще в 60-е гг. прошлого столетия, а в конце 80-х на вооружение поступила модернизированная РЛС «Кама-Н».

Невысокая точность РЛС «Кама-Н» (15 м по дальности и 5° по азимуту и углу места), возможные технические проблемы (неисправность оборудования вследствие износа, неправильные действия операторов) вызывают сложности при проведении измерений. Кроме того, существует ряд требований при проведении измерений, которые необходимо выполнить, а именно:

1. В измерении должны быть задействованы несколько РЛС, установленных по всей трассе стрельбы, с перекрытием трассы стрельбы, как минимум, двумя станциями (рис. 1).

2. Для большей радиолокационной видимости РЛС должны располагаться на возвышенности, что не всегда позволяет особенности рельефа местности и отсутствие необходимых коммуникаций.

3. Приемопередающая антенна станции РЛС «Кама-Н» должна располагаться на неподвижной платформе с известными геодезическими координатами, что практически исключает ее применение на морских судах.

Все эти требования затрудняют проведение измерений в случае, когда необходимо в целях безопасности при проведении испытания уйти мористей (или увеличить трассу стрельбы).



Рис. 1. Необходимая высота возвышения приемопередающих антенн РЛС «Кама-Н» над уровнем моря для обеспечения дальности сопровождения полета ракеты минимум двумя станциями на безопасном удалении от береговой черты

Таким образом, возросшие требования к точности и автоматизации измерения, а также износ измерительных станций требуют разработки новой системы для проведения испыта-

ния перспективных противокорабельных крылатых ракет. Одним из вариантов является использование уже успешно действующей ГНСС ГЛОНАСС, которая позволит расширить возможности и повысить точность траекторных измерений.

Для этого на крылатую ракету (КР) и морскую мишень должно быть установлено дополнительное оборудование, а также разработано специальное программное обеспечение.

Предлагаемая система может выглядеть следующим образом (рис. 2):

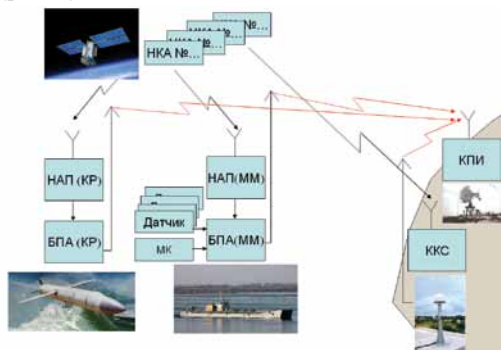


Рис. 2. Структурная схема применения ГНСС в траекторных измерениях

Практическая крылатая ракета (КР) оборудуется бортовой передающей аппаратурой (БПА) для передачи телеметрической информации (например: БРС4, РТС9 или «Орбита ТМ»). БПА оснащается навигационной аппаратурой потребителя (НАП). НАП определяет свое местоположения и передает в бортовую передающую аппаратуру следующие данные: геодезические координаты, время и номера спутников по которым проводилась обсервация. БПА, в свою очередь, эти данные вместе с телеметрической информацией передает на командный пункт испытания (КПИ).

Определение местоположения КР с размещенным в ней НАП представляется следующей формулой [1]:

$$D_{iu} = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + cT' + \delta D_i, \quad (1)$$

где D_{iu} – псевдодальность от навигационного космического аппарата до НАП; X, Y, Z – прямоугольные координаты антенны НАП в геоцентрической системе координат; X_i, Y_i, Z_i – такие же координаты i -го НКА; T' – расхождение шкал времени НКА и НАП; c – скорость распространения радиоволны; δD_i – погрешности определения псевдодальностей.

Определенные прямоугольные координаты преобразуются в геодезические координаты: B – широта, L – долгота и H – высота над уровнем эллипсоида по методу Гаусса–Крюгера [1]:

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L, \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L, \\ Z &= [(1 - e^2)N + H] \sin B, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$N = a(1 - e^2 \sin^2 B)^{-1/2}, \quad e^2 = 2\alpha - \alpha^2, \quad (3)$$

a – большая полуось эллипсоида, α – сжатие.

Морская мишень (ММ) оснащается таким же оборудованием, как и КР (БПА и НАП), а также дополнительно: магнитным компасом; датчиками угловых скоростей, температуры, давления, влажности; анеморумбометром. Данное оборудование необходимо для вычисления, как геодезических координат, так и данных о курсе мишени и погодных условиях в районе мишени.

На участке побережья в районе испытаний устанавливается контрольно-корректирующая станция (ККС). Ее антенна геодезически привязана к местности. ККС осуществляет измерение погрешности при определении местоположения по всем спутникам в зоне радиовидимости и передает эти данные на КПИ. КПИ, в свою очередь, обрабатывает получен-

ную информацию и корректирует погрешность определения псевдодальности НАП КР и ММ по формуле [1]

$$\delta D_i = \delta D_{ie} + \delta D_{ion} + \delta D_{in2} - \delta D_{in1}, \quad (4)$$

где δD_{ie} и δD_{ion} – остаточные погрешности за счет эфемеридных и ионосферных ошибок, δD_{in2} и δD_{in1} – шумовые погрешности НАП (КР и ММ) и ККС, включающие погрешности приема измерителей, обусловленные внутренними и внешними шумами, ошибки из-за наличия нескольких лучей и остаточные ошибки, обусловленные особенностями распространения радиоволн в тропосфере.

Такой дифференциальный режим с коррекцией координат позволит повысить точность работы НАП КР и ММ (СКО < 1 м).

КПИ должен быть оснащен современной станцией приема телеметрической информации и радиолнией для приема данных от ККС с автоматизированным рабочим местом. Информация, полученная от КР, ММ и ККС, обрабатывается с помощью специальной программы которая, применяя метод дифференциальной коррекции, корректирует координаты полученные от НАП КР и ММ. Программа выполняет расчет скорости, ускорения и высоты полета ракеты, а также ракурс ММ и погодные условия в районе мишенной позиции. Все полученные и вычисляемые данные регистрируются на магнитном носителе АРМ и отображаются на экране монитора. Кроме того, в масштабе реального времени на электронной карте (рис. 3) отображается местоположение ММ и полет КР.

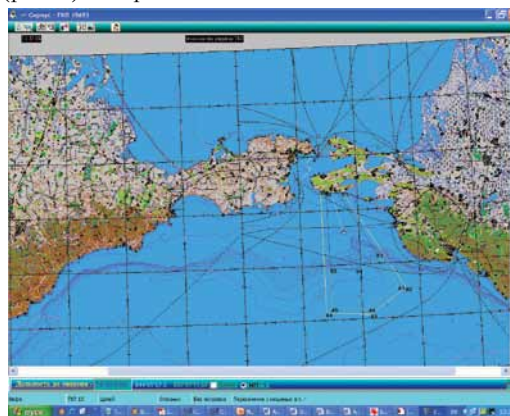


Рис. 3. Пример электронной морской карты района испытаний

Предлагаемая система позволит:

1) повысить точность траекторных измерений (согласно информации, размещенной на официальном сайте «Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «ЦНИИмаш», СКО определения местоположения НАП ГНСС ГЛОНАСС составляет не более 3,5 м), применение дифференциального режима с коррекцией координат позволит снизить СКО до величин менее 1 м [6];

2) расширить выбор трассы стрельбы при проведении летных испытаний КР, при необходимости уходя мористей. Отпадет необходимость привязывать трассы стрельбы к прибрежному району для обеспечения работы РЛС «Кама-Н». Дальность получения телеметрического сигнала на КПИ от БПА возможно увеличить за счет применения ретрансляторов, установленных на морских и воздушных судах, беспилотных летательных аппаратах или при использовании спутниковых каналов связи, что позволит проводить испытания КР на большом удалении от побережья;

3) повысить информативность и уменьшить время первичного анализа полученной информации для последующего принятия решения на продолжение испытаний;

4) расширить возможности измерений.

В настоящее время недостаточная точность траекторных измерений РЛС «Кама-Н» не позволяет оценить промах

крылатой ракеты по морской мишени. Оценка попадания КР по ММ осуществляется с помощью визуального осмотра; после пролета КР смотровая группа оценивает наличие повреждения корпуса, надстройки или натянутой сети между мачтами ММ. Также просматриваются записи видеорегистраторов (если условия позволяют оборудовать ими ММ). Данный способ имеет свои недостатки, так как иногда невозможно определить при залповой стрельбе были ли попадания в мишень нескольких ракет или нет. Первая ракета может нанести такое разрушение ММ, что установить факт попадания других ракет невозможно. Если же не было попадания КР, то важно знать, на каком расстоянии она прошла от ММ? Точно зная траекторию полета КР и место нахождения ММ, возможно определять промах каждой ракеты, а задав в алгоритм полета ракеты искусственный промах по мишени (ракета, не долетая до мишени, увеличивает высоту полета на 3–5 м от маршевой высоты полета и проходит над ММ), можно не разрушать ММ. Также полученная информация о промахе будет полезна при анализе работы ГСН КР.

Суммируя все перечисленные преимущества, можно отметить, что дальнейшее изучение возможностей применения спутниковых систем в процессе траекторных измерений крылатых ракет весьма перспективно. Это позволит значительно

повысить качество испытаний современных крылатых ракет, что даст ценный и достаточно объективный материал для обеспечения процесса разработки новых образцов оружия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьёв Ю. А. Спутниковая навигация и её приложения. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.
2. Назаров А. В., Козырев Г. И., Шитов И. В. и др. Современная телеметрия в теории и на практике: Учеб. курс. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 672 с.
3. ГОСТ Р 54022–2010. Система траекторных измерений летательных аппаратов на базе навигационных спутниковых систем: Общие требования и методы испытаний. – Введ. 2010-11-30. – М.: Изд-во стандартиформ, 2011.
4. ГОСТ Р 52928–2010. Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения. – Введ. 2011-07-01. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2011.
5. ГОСТ РВ 15.210–2001. Военная техника. Испытания опытных образцов изделий и опытных ремонтных образцов изделий. Основные положения. – Введ. 2001-12-25. – М.: Изд-во стандартов, 2002.
6. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «ЦНИИмаш» [Электронный ресурс] – www.glonass-iac.ru ■

Накопление с течением времени погрешностей счисления требует периодической корректуры с помощью определения места по ориентирам и оценки точности обсервации для нахождения вероятнейшего места судна. При автоматизации методы, разработанные для графического и графоаналитического решения, не всегда адекватны существу задачи и средствам ее решения. Автоматизация должна обеспечить решение при любом наборе навигационных параметров, их погрешностей и взаимном расположении ориентиров и судна, а оценка точности должна предоставлять судоводителю объективную информацию об области возможного нахождения места судна с заданной вероятностью.

ОГРАНИЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОБСЕРВАЦИИ

Определение места проводится путем измерения навигационных параметров, каждому из которых соответствует своя навигационная изолиния. Для определения места судна необходимо измерить как минимум два навигационных параметра U_1 и U_2 , изолинии которых имеют общую точку пересечения. Эта точка называется *обсервованным местом*, а координаты ее в некоторой прямоугольной системе x_0 и y_0 – *обсервованными координатами*. Навигационные параметры измеряются с погрешностью, поэтому погрешность обсервованного места определяется фигурой, образованной пересечением полос вероятного местонахождения навигационных изолиний [3]. Такой метод, получивший название «метода навигационных изолиний», применяется при графическом способе решения, когда изолинии представляют собой прямые или кривые простого вида, например, окружности, а ориентиры находятся в пределах карты, или при использовании карт с нанесенными на них сетками навигационных изолиний.

Использование этого метода, т. е. нахождение корней системы двух или более уравнений для любых изолиний, функции которых имеют периодический характер, сопряжено со значительными трудностями из-за трансцендентного характера корней системы уравнений. Еще более сложной задачей является аналитическая оценка точности обсервованного места, особенно если число изолиний больше двух [2].

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА СУДНА И ОЦЕНКИ ЕГО ТОЧНОСТИ

*И.В. Ефимов, канд. физ.-матем. наук, инженер-программист,
В.В. Касьянов, канд. техн. наук, доцент, вед. специалист,
АО «Кронштадт Технологии»,
контакт. тел. (812) 325 3131, +7 (911) 212 8358*

Решение задачи значительно упрощается при использовании обобщенного метода линий положения, теоретически предложенного В. В. Каврайским в 20-х гг. прошлого века [7]. Основой целью метода было обоснование графической прокладки на карте отрезка изолинии при расстояниях до ориентиров, во много раз превышающих возможную разность между счислимым и обсервованным местами. Поскольку в этом случае радиус кривизны изолинии достаточно велик, а кривизна изолинии мала, сложная непрерывная кривая изолинии вблизи счислимого места может быть заменена отрезком прямой, называемой *линией положения*. В качестве линии положения используется касательная к изолинии или хорда, расположенные на кратчайшем расстоянии от счислимого места.

Линейное приближение получают разложением функции двух переменных в ряд Тейлора вблизи счислимой точки и, пренебрегая малыми второго и высших порядков, обращают уравнения изолиний в уравнения линии положения. Систему двух нормальных уравнений линий положения в произвольной прямоугольной системе координат с началом в счислимой точке можно представить в виде [2, 4, 6, 7]

$$\begin{aligned} \Delta x \cos \tau_1 + \Delta y \sin \tau_1 &= n_1; \\ \Delta x \cos \tau_2 + \Delta y \sin \tau_2 &= n_2, \end{aligned} \quad (1)$$

где τ_1, τ_2 – направления градиентов линий положения, n_1, n_2 – переносы линий положения:

$$n = \frac{U_{\text{изм}} - U_{\text{с}}}{g}. \quad (2)$$

Здесь $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение навигационного параметра; $U_{\text{с}}$ – счислимое значение навигационного параметра, g – длина градиента навигационного параметра.

Совместное решение системы двух линейных уравнений позволяет определить поправки к счислимым координатам Δx и Δy , по которым и определяется observed место

$$\left. \begin{aligned} x_o &= x_c + \Delta x; \\ y_o &= y_c + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

На рис. 1 представлен пример наблюдения по двум расстояниям до ориентиров методом линий положения.

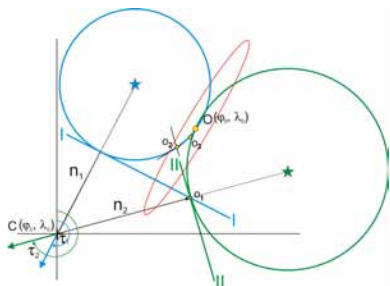


Рис. 1. **Определение места судна по двум расстояниям методом линий положения**

O_1, O_2, O_3 – последовательность точек, полученных в результате итерационного процесса; O – окончание итерационного процесса; I, II – линии положения на первой итерации

Как видно из рис. 1, замена изолиний прямыми приводит к методической погрешности, для устранения которой применяется метод итераций, при котором точка пересечения линий положения на первом шаге O_1 принимается за счислимое место и находятся новые линии положения относительно этой точки. В работе [3] отмечается, что «метод применим для определения места по навигационным параметрам любого вида и при любом удалении от ориентира», однако анализ показывает, что это не всегда так.

Элементами линии положения являются направление градиента τ и перенос n . Но перенос зависит от observed параметра U , счислимых параметров U_c и модуля градиента g . Поскольку градиенты рассчитываются относительно счислимой точки, их параметры τ и g зависят от положения счислимой точки. На рис. 2 зеленым цветом выделены области сходимости итерационного процесса определения места по двум пеленгам методом линий положения.

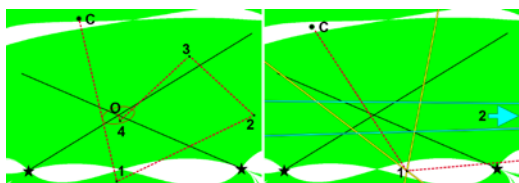


Рис. 2. **Область сходимости итерационного процесса**
 C – счислимое место

$1, 2, 3, 4$ – последовательность точек, полученных в результате итерационного процесса. Справа метод линий положения не сходится. Линии положения на второй итерации (синие) практически параллельны

При нахождении счислимого места вне этих областей итерационный процесс является расходящимся, т.е. решение отсутствует. При использовании для определения места в качестве навигационного параметра расстояния до ориентира итерационный процесс также не всегда дает решение. Это происходит тогда, когда вблизи observed места линии положения параллельны.

ОГРАНИЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБСЕРВАЦИИ

Оценка точности observed места выполняется на основе вероятностно-статистического метода. Считая, что поправки координат при определении места по двум линиям положения обладают случайными независимыми нормально распределенными линейными погрешностями Δx и Δy , плотность распределения их совместного появления определяют как произведение плотностей вероятности [3, 5]:

$$f(\Delta x, \Delta y) = \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_x \sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta x^2}{\sigma_x^2} + \frac{\Delta y^2}{\sigma_y^2} \right)} \quad (4)$$

Эта функция описывает поверхность переменной вероятности. Постоянство вероятности будет при постоянстве показателя экспоненты

$$\frac{\Delta x^2}{\sigma_x^2} + \frac{\Delta y^2}{\sigma_y^2} = C, \quad (5)$$

где C – произвольная константа.

Уравнение (5) является уравнением эллипса, называемого *эллипсом погрешностей*. Эллипс с главными полуосями, равными среднеквадратическим погрешностям места по направлению этих осей, и вероятностью $P \approx 39,3\%$ называется среднеквадратическим или стандартным. Размеры и ориентировка эллипса погрешностей определяются его элементами и не зависят от выбора прямоугольной системы координат.

Поскольку в основе оценки эллиптической погрешности лежит метод линий положений, то считается, что линии погрешностей $\pm \sigma$ параллельны линиям положения. Но, например, градиент пеленга $g_n = 57,3^\circ/D$, значит погрешность пеленга тем больше, чем дальше судно от ориентира, т.е. представляет собой угловую величину. А фигура погрешностей на самом деле представляет собой не эллипс, а область неправильной формы (рис. 3).

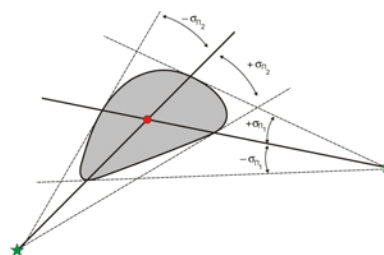


Рис. 3. **Область погрешностей при определении места по пеленгам**

Область погрешностей изостадии представляет собой кольцо шириной $\pm \sigma$ (СКО измерения дистанции). В результате область погрешностей места, определенного по пеленгу и дистанции разных ориентиров, особенно если угол пересечения изолиний мал, имеет достаточно сложную форму (рис. 4).

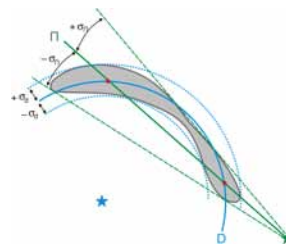


Рис. 4. **Область погрешностей при определении места по пеленгу и дистанции**

Оценка точности места эллипсом погрешностей в этом случае просто неверна. Более того, поверхность плотности вероятности при этом может иметь несколько экстремумов. И даже при небольшом смещении счислимого места итерационный процесс будет сходиться к разным точкам, а величина и ориентация эллипса погрешностей также будут изменяться (рис. 5).

На практике при определении места графическими построениями на карте в случае небольших расстояний от ориентиров рекомендуется [3] предельную погрешность observed места выражать фигурой, образованной пересечением полос вероятного местонахождения навигационных изолиний. При этом вводится ограничение по углу пересечения изолиний: он должен быть в пределах $30-150^\circ$ [5].

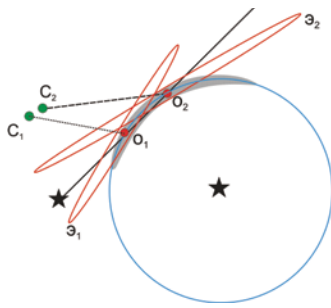


Рис 5. Изменение наблюдаемого места и эллипса погрешностей при смещении числимой точки
 C_1, C_2 – числимое место судна; O_1, O_2 – наблюдаемое место; E_1, E_2 – соответствующие эллипсы погрешности

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕТОД ОБСЕРВАЦИИ

При автоматизации процесса определения места и оценки его точности для каждого измеренного навигационного параметра U_i в любой точке плоскости (x, y) можно вычислить невязку $\Delta U_i(x, y) = U_{\text{изм}} - U(x, y)$, где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение, $U(x, y)$ – значение навигационного параметра в произвольной точке. Согласно взвешенному методу наименьших квадратов [8] целевая функция, подлежащая минимизации, задается выражением

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\Delta U_i(x, y)}{\sigma_i} \right)^2, \quad (6)$$

где σ_i – среднеквадратическое отклонение i -го навигационного параметра.

Здесь $S(x, y)$ представляет собой зависимость суммы взвешенных квадратов невязок от координат произвольной точки на плоскости (x, y) . По своей сути метод линий положения, рассмотренный ранее, использует эту же функцию, но с линеаризованными невязками $\Delta U_i(x, y)$.

Численные методы, реализуемые вычислительными средствами, позволяют найти минимум функции $S(x, y)$ без линеаризации функций-невязок вблизи числимого места. Поиск точки (x_0, y_0) , сообщающей минимум функции $S(x, y)$, предлагается искать методом градиентного (наискорейшего спуска), или методом сопряженных градиентов [1].

При известных координатах ориентира $(x_{\text{пр}}, y_{\text{пр}})$, измеренном пеленге α_i , невязка навигационного параметра в любой точке плоскости (x, y) вычисляется согласно выражению

$$\Delta U_i^{\text{п}}(x, y) = \text{AngleDiff}(\text{atan}2(y - y_{\text{пр}}, x - x_{\text{пр}}), \pi + \alpha_i), \quad (7)$$

где $\text{AngleDiff}(\gamma_1, \gamma_2)$ – угловая разность между γ_1, γ_2 со знаком; $\text{atan}2(\delta, \epsilon)$ – угол между осью Oy и лучом из начала координат в точку (δ, ϵ) .

Невязка навигационного параметра при измеренной дистанции D_j до ориентира $(x_{\text{ди}}, y_{\text{ди}})$ определяется выражением

$$\Delta U_j^{\text{д}}(x, y) = \sqrt{(x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2} - D_j. \quad (8)$$

Тогда при наличии измеренных дистанций до k ориентиров $(x_{\text{ди}}, y_{\text{ди}})$ и измеренных пеленгов до m ориентиров $(x_{\text{пр}}, y_{\text{пр}})$ целевая функция определяется суммой

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\sqrt{(x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2} - D_i}{\sigma_{\text{ди}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^m \left(\frac{\text{AngleDiff}(\text{atan}2(y - y_{\text{пр}}, x - x_{\text{пр}}), \pi + \alpha_i)}{\sigma_{\text{пр}}} \right)^2. \quad (9)$$

Компоненты градиента вычисляются как частные производные:

$$\frac{\partial S(x, y)}{\partial x} = 2 \sum_{i=1}^k \frac{\left(\sqrt{(x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2} - D_i \right) (x - x_{\text{ди}})}{\sigma_{\text{ди}}} + 2 \sum_{i=1}^m \frac{\text{AngleDiff}(\text{atan}2(y - y_{\text{пр}}, x - x_{\text{пр}}), \pi + \alpha_i) (y_{\text{пр}} - y)}{\left((x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2 \right) \sigma_{\text{пр}}^2}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial S(x, y)}{\partial y} = 2 \sum_{i=1}^k \frac{\left(\sqrt{(x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2} - D_i \right) (y - y_{\text{ди}})}{\sigma_{\text{ди}}} + 2 \sum_{i=1}^m \frac{\text{AngleDiff}(\text{atan}2(y - y_{\text{пр}}, x - x_{\text{пр}}), \pi + \alpha_i) (x_{\text{пр}} - x)}{\left((x - x_{\text{ди}})^2 + (y - y_{\text{ди}})^2 \right) \sigma_{\text{пр}}^2}. \quad (11)$$

На рис. 6 в качестве примера изображен график целевой функции (красный цвет – большие значения, синий – меньшие) и траектория градиентного спуска из числимого места для выбранного набора навигационных параметров.

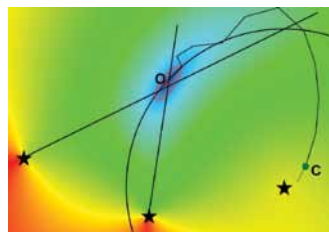


Рис. 6. Целевая функция для двух измеренных дистанций, одного пеленга и траектория градиентного спуска из числимого места C к наблюдаемому O

Минимум функции, найденный градиентным спуском, и наблюдаемое место, полученное методом линий положения, в данном случае совпадают. Однако градиентный спуск учитывает изгибы и реальные направления градиентов навигационных параметров и процесс сходится и в случае, когда итерационный процесс по методу линий положения не приводит к решению задачи, т.е. когда на очередном шаге линии положения становятся практически параллельными. На рис. 7 представлен пример такого решения в условиях, ранее показанных на рис. 2, когда решение отсутствовало.

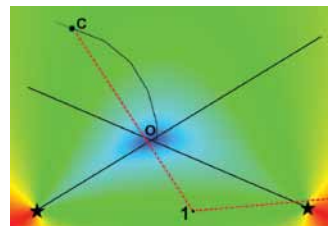


Рис. 7. Случай, когда метод линий положения не сходится (см. рис. 2). Градиентный спуск дает однозначное решение

Если применяется градиентный спуск с постоянным шагом, то в большинстве случаев находится ближайший локальный минимум. Однако в случаях, когда применяется одномерная оптимизация [1] в направлении градиента, итерационный процесс может преодолеть локальные увеличения целевой функции и спуститься к соседнему минимуму. Поэтому для исключения неоднозначности решения, предлагается использовать погрешность числимого места судна, как дополнительный навигационный параметр. В этом случае к функции $S(x, y)$ (9) добавляется еще одно слагаемое:

$$\frac{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}{\sigma_c^2}, \quad (12)$$

где (x_c, y_c) – координаты числимого места судна, σ_c – СКО этого места. Частные производные этого слагаемого по x и y

соответственно:

$$\frac{2(x-x_c)}{\sigma_c^2}, \frac{2(y-y_c)}{\sigma_c^2}. \quad (13)$$

Проверка предлагаемого метода показала, что обсервованное место определяется однозначно во всех случаях, когда традиционные методы не дают решения.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБСЕРВАЦИИ

Вместе с нахождением места судна предлагается оценивать его точность с помощью построения области погрешностей следующим образом. В любой точке плоскости (x, y) для любого измеренного навигационного параметра вычисляется плотность вероятности того, что в этой точке значение навигационного параметра будет истинным. Для измеренного пеленга α_i

$$f_{\Pi_i}(x, y) = \frac{1}{\sigma_{\Pi_i} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\text{AngleDiff}(\text{atan}2(y-y_{\Pi_i}, x-x_{\Pi_i}), \pi + \alpha_i)^2}{2\sigma_{\Pi_i}^2}}. \quad (14)$$

Для измеренной дистанции D_j

$$f_{D_j}(x, y) = \frac{1}{\sigma_{D_j} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\sqrt{(x-x_{D_j})^2 + (y-y_{D_j})^2} - D_j)^2}{2\sigma_{D_j}^2}}. \quad (15)$$

Событие, когда истинное место судна оказывается в какой-либо точке (x, y) , тождественно событию, когда все навигационные параметры принимают значения, соответствующие этой точке. Поэтому вероятностной мерой этого события является произведение

$$F(x, y) = \prod_{i=1}^m f_{\Pi_i}(x, y) \times \prod_{j=1}^k f_{D_j}(x, y). \quad (16)$$

Примеры графиков этой функции для нескольких случаев приведены на рис. 8.

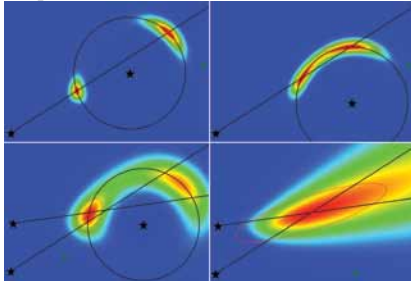


Рис. 8. Примеры графиков функции (16) при различных наборах навигационных параметров

Для учета погрешности счислимого места судна к функции $F(x, y)$ следует добавить еще один множитель:

$$F(x, y) = \prod_{i=1}^m f_{\Pi_i}(x, y) \times \prod_{j=1}^k f_{D_j}(x, y) \times \frac{1}{\sigma_c \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2} - D_c)^2}{2\sigma_c^2}}. \quad (17)$$

Поскольку равные значения функции (17) соответствуют положениям судна с равными вероятностными мерами, искомой областью ошибок будет область, ограниченная изолинией $F(x, y) = F_p$. Выбор значения F_p зависит от выбранной вероятности p и определяется из условия

$$\frac{\iint_{F(x,y) < F_p} F(x, y) dx dy}{\iint_R F(x, y) dx dy} = p. \quad (18)$$

Поиск конкретного значения F_p может быть реализован известными численными методами интегрирования.

Как и следовало ожидать, в тех случаях, когда одно или несколько условий для линейризации навигационных параметров не выполнены, область погрешностей, полученная предлагаемым методом, значительно отличается от эллипса (рис. 9).

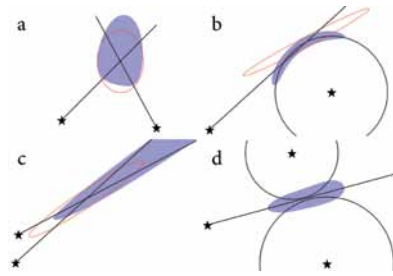


Рис. 9. Эллипс и область погрешностей при невыполнении условий линейризации: а – погрешности навигационных параметров сравнимы с дистанциями до ориентиров; б, с – все линии положения пересекаются под малыми углами; д – линии положения становятся параллельными, и метод линий положения не сходится

Таким образом, применение предложенных методов для автоматизации определения места судна и оценки его точности позволяет снять ограничения на выбор навигационных ориентиров и обеспечивать навигационную безопасность при плавании, в первую очередь, в стесненных условиях и в узкостях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морская карта на штурманском столе, параллельная линейка, транспортир, измеритель – вот проверенный временем комплект инструментов обеспечения судовой навигации. На рубеже XXI в. эти традиционные инструменты получили мощного соперника – электронные картографические навигационные информационные системы (ЭКНИС). Выполнение требований Международной морской организации позволили отказаться от использования бумажных карт и сделать обязательной с 2018 г. установку ЭКНИС на все суда, попадающие под требования конвенции SOLAS. В этой связи очевидна высокая степень ответственности разработчиков ЭКНИС за надёжность и адекватность применяемых математических методов решаемым навигационным задачам. Наиболее очевидным является путь алгоритмизации проверенных методов ручного решения задач, но на этом пути лежат трудности получения компьютерных решений, легко преодолеваемых человеком. Использование современной вычислительной техники открывает возможности решения навигационных задач более сложными методами, без ранее постулированных ограничений. К числу таких задач относится предложенный метод определения места судна по навигационным ориентирам и оценки его точности – метод решения задачи, вытекающей из требований п. 4.10.5.6 ГОСТ Р МЭК 61174–2009 [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2003.
2. Белкин А.М., Миронов Н.Ф., Рублев Ю.И., Сарайский Ю.И. Воздушная навигация: справочник. – М.: Транспорт, 1988.
3. Груздев Н.М., Колтушенко В.В., Гладков Г.Е. Морская навигация. – М.: Воениздат, 1992.
4. Груздев Н.М. Математическая обработка и анализ навигационной информации. – М.: Воениздат, 1972.
5. Естафьев Б.А. Теоретические основы судовождения. – Петропавловск-Камчатский: Изд. КамчатГТУ, 2001.
6. Ермолаев Г.Г., Андронов Л.П., Зотеев Е.С., Кирил Ю.П., Черниев Л.Ф. Морское судовождение. – М.: Транспорт, 1970.
7. Каврайский В.В. Избранные труды. – Т. 1: Астрономия и геодезия. – М.: Изд. УНГС ВМФ, 1956.
8. Литник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. – 2-е изд. – М., 1962.
9. ГОСТ Р МЭК 61174–2009. Морское навигационное оборудование и средства радиосвязи. Электронная картографическая навигационная информационная система (ЭКНИС). Эксплуатационные и технические требования, методы и требуемые результаты испытаний. ■

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно для исследования динамики морских подвижных объектов (МПО), их управляемого движения применяют имитационные модели, основанные на численном решении дифференциальных уравнений, описывающих динамику объекта. Это мощный инструмент исследования, однако при всех своих достоинствах он связан с большим объемом вычислений, его точность и эффективность зависят от выбора метода и шага интегрирования. Для ряда задач, в частности синтеза систем управления, оценки чувствительности системы управления к изменению отдельных параметров, идентификации параметров объекта, полезно иметь математическую модель, основанную на аналитическом решении дифференциальных уравнений динамики МПО.

В статье приводятся аналитические решения полной системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих пространственную динамику МПО, при некоторых допущениях. Эти соотношения могут быть применены для моделирования движения маневрирующего подводного объекта.

Так, для маневра «изменение поступательной скорости» предлагаются семь возможных вариантов ее изменения и соответствующие аналитические выражения для вычисления самой поступательной скорости, линейного ускорения и пройденного пути, а также формула для вычисления времени окончания соответствующего маневра.

В случае выполнения маневров «изменение курса» и «изменение угла дифферента» получены соответствующие решения в виде квадратур и более удобные в практическом применении приближенные алгебраические формулы, позволяющие вычислять как углы поворотов, угловые скорости и ускорения, так и время окончания изменения соответствующих угловых координат. Полученные выражения можно использовать для математического описания как простых маневров (например, горизонтальная циркуляция), так и сложных (например, погружение или всплытие на заданную глубину с одновременным изменением курса и скорости).

В статье приводятся также соотношения, необходимые для построения пространственной траектории маневрирующего подводного объекта. В завершении рассматривается сравнительный пример моделирования движения по предлагаемой модели и некоторой эталонной модели, а также некоторые соображения по возможному использованию имитационной модели в целях решения задач управления МПО.

ОСНОВНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАНЕВРИРУЮЩЕГО ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА

Предполагается, что маневрирование подводного объекта осуществляется только при помощи движительно-рулевого комплекса (ДРК), включающего винтовой реверсивный движитель, а также пассивные рули: горизонтальные носовые (правый и левый), горизонтальные кормовые (правый и левый) и вертикальные (верхний и нижний). При выполнении маневров, в зависимости от его сложности могут работать и отдельные элементы ДРК, и некоторые из них совместно.

Так как рули даже при максимальных углах отклонений практически не создают ощутимых поперечных составляющих вектора поступательной скорости в силу массивности подводного объекта и присоединенных к нему поперечных масс воды, углы атаки и дрейфа можно считать нулевыми, и тогда вектор поступательной скорости всегда направлен вдоль продольной оси подводного объекта.

Поэтому в приводимой ниже имитационной модели свя-

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ МАНЕВРИРУЮЩЕГО ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА

М. Г. Черняев, канд. техн. наук, доцент,

В. Г. Михлин, канд. техн. наук, доцент, СПбГМТУ,

*А. В. Смольников, канд. техн. наук, доцент ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. +7 (911) 928 0161, +7 (921) 329 3696*

званная и скоростная системы координат совпадают. Начало такой связанной системы координат ($Axyz$) совпадает с центром величины МПО, ось Ax направлена в нос, ось Az – на правый борт, а ось Ay – вверх. Угол курса МПО Ψ отсчитывается относительно направления на север. Положительное направление отсчета, глядя сверху – по часовой стрелке. Диапазон изменения угла курса $[0^\circ, 360^\circ]$. Угол дифферента Θ считается положительным при дифференте на корму. Угол крена φ считается положительным при накренивании на правый борт.

Как известно [1], полная система уравнений движения объекта в пространстве состоит из шести нелинейных дифференциальных уравнений. Однако в рассматриваемом случае, можно использовать только четыре уравнения, а именно, одно уравнение для модуля поступательной скорости и три уравнения для угловых скоростей вращения по курсу, дифференту и крену.

Таким образом, из исходной пространственной системы уравнений [1] при сделанных выше предположениях (углы атаки и дрейфа $\alpha = \beta = 0$ и поперечные скорости $v_y = v_z = 0$ остаются только четыре, содержащие все оставшиеся составляющие:

– уравнение для поступательной скорости v :

$$m(1+k_{11})\frac{dv}{dt} = T + \frac{1}{2}C_x\rho V^{2/3}v^2 + \frac{1}{2}(C_x^{\delta_{\text{нп}}}\delta_{\text{нп}} + C_x^{\delta_{\text{нл}}}\delta_{\text{нл}} + C_x^{\delta_{\text{кп}}}\delta_{\text{кп}} + C_x^{\delta_{\text{кл}}}\delta_{\text{кл}})\rho V^{2/3}v^2 + \frac{1}{2}(C_x^{\delta_{\text{вн}}}\delta_{\text{вн}} + C_x^{\delta_{\text{вб}}}\delta_{\text{вб}})\rho V^{2/3}v^2; \quad (1)$$

– уравнение для угловой скорости изменения крена ω_x :

$$J_x(1+k_{44})\frac{d\omega_x}{dt} = \frac{1}{2}m_x^{\omega_x}\rho V^{4/3}v\omega_x + \frac{1}{2}m_x^{\omega_y}\rho V^{4/3}v\omega_y - \rho gVh \sin\varphi + \frac{1}{2}(m_x^{\delta_{\text{вн}}}\delta_{\text{вн}} + m_x^{\delta_{\text{вб}}}\delta_{\text{вб}} + m_x^{\delta_{\text{нп}}}\delta_{\text{нп}} + m_x^{\delta_{\text{нл}}}\delta_{\text{нл}} + m_x^{\delta_{\text{кп}}}\delta_{\text{кп}} + m_x^{\delta_{\text{кл}}}\delta_{\text{кл}})\rho V^2; \quad (2)$$

– уравнение для угловой скорости изменения курса ω_y :

$$J_y(1+k_{55})\frac{d\omega_y}{dt} = \frac{1}{2}m_y^{\omega_y}\rho V^{4/3}v\omega_y + mV^{1/3}k_{35}v\omega_y + \frac{1}{2}(m_y^{\delta_{\text{вн}}}\delta_{\text{вн}} + m_y^{\delta_{\text{вб}}}\delta_{\text{вб}})\rho V^2; \quad (3)$$

– уравнение для угловой скорости изменения дифферента ω_z :

$$J_z(1+k_{66})\frac{d\omega_z}{dt} = \frac{1}{2}m_z^{\omega_z}\rho V^{4/3}v\omega_z + mV^{1/3}k_{26}v\omega_z + \frac{1}{2}(m_z^{\delta_{\text{нп}}}\delta_{\text{нп}} + m_z^{\delta_{\text{нл}}}\delta_{\text{нл}} + m_z^{\delta_{\text{кп}}}\delta_{\text{кп}} + m_z^{\delta_{\text{кл}}}\delta_{\text{кл}})\rho V^2. \quad (4)$$

В соотношениях (1) – (4) используются следующие обозначения:

m, k_{11} – масса и коэффициент присоединенной массы подводного объекта; T – тяга винтового движителя; C_x – коэффициент лобового сопротивления со стороны вязкой воды; $C_x^{\delta_{\text{нп}}}, C_x^{\delta_{\text{нл}}}, C_x^{\delta_{\text{кп}}}, C_x^{\delta_{\text{кл}}}, C_x^{\delta_{\text{вн}}}, C_x^{\delta_{\text{вб}}}$ – гидродинамические коэффициенты рулей; V – водоизмещение объекта; ρ – плотность морской воды; $\delta_{\text{нп}}, \delta_{\text{нл}}, \delta_{\text{кп}}, \delta_{\text{кл}}, \delta_{\text{вн}}, \delta_{\text{вб}}$ – углы перекадки

соответственных перьев рулей; $J_x, J_y, J_z, k_{44}, k_{55}, k_{66}$ – главные моменты инерции подводного объекта и соответствующие коэффициенты присоединенных моментов инерции; $m_x^{\omega_x}, m_x^{\omega_y}, m_x^{\omega_z}, m_z^{\omega_x}, m_z^{\omega_y}, m_z^{\omega_z}$ – гидродинамические коэффициенты объекта; $m_x^{\delta_{\text{кп}}}, m_x^{\delta_{\text{кн}}}, m_x^{\delta_{\text{вн}}}, m_x^{\delta_{\text{вб}}}, m_x^{\delta_{\text{вк}}}, m_x^{\delta_{\text{вн}}}, m_x^{\delta_{\text{вб}}}, m_x^{\delta_{\text{вк}}}, m_x^{\delta_{\text{вн}}}, m_x^{\delta_{\text{вб}}}, m_x^{\delta_{\text{вк}}}$ – гидродинамические коэффициенты рулей; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; h – метacentрическая высота; φ – угол крена.

Если допустить еще и управление плавучестью подводного объекта, что в данной статье не рассматривается, то тогда пренебрегать углом атаки $\alpha \approx 90^\circ$ нельзя и в рассмотрение придется ввести уравнение движения вдоль оси Oy неподвижной системы координат $OXYZ$. Подобный случай рассмотрен в [2], где исследуется управление подводным объектом в вертикальной плоскости с помощью изменения плавучести.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА, ЛЕЖАЩЕ В ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАНЕВРИРОВАНИЯ

Приведенные ниже аналитические решения можно получить только на участках постоянства значений тяги и углов разворота рулей.

Представим дифференциальное уравнение (1) для текущего значения поступательной скорости объекта $v(t)$ на некотором временном участке $\Delta t = [t_i, t_{i+1}]$ в виде

$$\frac{dv}{dt} = \frac{T}{m(1+k_{11})} - \left[|C_x| + |C_x^{\delta_{\text{кп}}} \delta_{\text{кп}}| + |C_x^{\delta_{\text{кн}}} \delta_{\text{кн}}| + |C_x^{\delta_{\text{кв}}} \delta_{\text{кв}}| + |C_x^{\delta_{\text{кв}}} \delta_{\text{кв}}| + |C_x^{\delta_{\text{кн}}} \delta_{\text{кн}}| + |C_x^{\delta_{\text{кп}}} \delta_{\text{кп}}| \right] \frac{\rho V^{2/3}}{2m(1+k_{11})} v^2, \quad (5)$$

Значение поступательной скорости в начальный момент времени t_i :

$$v_i = v(t_i). \quad (6)$$

Движение «задним ходом» в данной статье не рассматривается.

Если состояние ДРК (тяга движителя и угловые положения рулей) на данном временном участке не изменяется, то, вводя в рассмотрение обозначения вида

$$a^2 = \frac{T}{m(1+k_{11})} = \text{const}, \quad (7)$$

$$b^2 = \left[|C_x| + |C_x^{\delta_{\text{кп}}} \delta_{\text{кп}}| + |C_x^{\delta_{\text{кн}}} \delta_{\text{кн}}| + |C_x^{\delta_{\text{кв}}} \delta_{\text{кв}}| + |C_x^{\delta_{\text{кв}}} \delta_{\text{кв}}| + |C_x^{\delta_{\text{кн}}} \delta_{\text{кн}}| + |C_x^{\delta_{\text{кп}}} \delta_{\text{кп}}| \right] \frac{\rho V^{2/3}}{2m(1+k_{11})} = \text{const}, \quad (8)$$

получим нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными [2]:

$$\frac{dv}{dt} = a^2 - b^2 v^2 \text{ с начальным условием } v_i = v(t_i), \quad (9)$$

Его можно переписать в виде:

$$\int \frac{dv}{a^2 - b^2 v^2} = \int dt. \quad (10)$$

Если a^2 и b^2 одновременно не нули, то, как известно [3] решение (10) имеет вид

$$\frac{1}{2ab} \ln \left| \frac{a + bv(t)}{a - bv(t)} \right| = t + C, \quad (11)$$

где неизвестная постоянная интегрирования C определяется значением скорости на начальный момент времени $v_i = v(t_i)$.

Тогда

$$\tilde{N} = \frac{1}{2ab} \ln \left| \frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right| - t_i. \quad (12)$$

Если $a^2 - b^2 v^2(t) > 0$, что соответствует движению с ускорением («разгон»), тогда:

$$\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 + \frac{b}{a} v(t)}{1 - \frac{b}{a} v(t)} \right) = \text{Arth} \left[\frac{b}{a} v(t) \right] = ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{a + bv_i}{a - bv_i},$$

Если $a^2 - b^2 v^2 < 0$, что соответствует движению с замедлением («торможение»), то

$$\frac{1}{2} \ln \left(\frac{\frac{b}{a} v(t) + 1}{-\frac{b}{a} v(t) - 1} \right) = \text{Arcth} \left[\frac{b}{a} v(t) \right] = ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{bv_i + a}{bv_i - a}.$$

Таким образом, если МПО маневрирует с ускорением, то поступательная скорость на каждый момент времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$ определяется по формуле

$$v(t) = \frac{a}{b} \text{th} \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right]. \quad (13)$$

Время, за которое с погрешностью ε достигается необходимая скорость $v_k > v_i$, определяется соотношением

$$t_v = t_i + \frac{1}{ab} \left[\text{arth}(1 - \varepsilon) - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right) \right]. \quad (14)$$

Дифференцируя и интегрируя соотношение (13) для поступательной скорости по времени, получим выражения для определения значений текущего поступательного ускорения;

$$a(t) = \frac{a^2}{\text{ch}^2 \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right]} \quad (15)$$

и пройденного расстояния

$$s(t) = \frac{1}{b^2} \ln \left\{ \text{ch} \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right] \right\} - \frac{1}{b^2} \ln \left\{ \text{ch} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right] \right\}. \quad (16)$$

Если МПО маневрирует с торможением, то поступательная скорость на каждый момент времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$ определяется в виде

$$v(t) = \frac{a}{b} \text{cth} \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right]. \quad (17)$$

Время, за которое с погрешностью ε достигается необходимая скорость $v_k < v_i$, определяется соотношением

$$t_v = t_i + \frac{1}{ab} \left[\text{arcth}(1 + \varepsilon) - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right) \right]. \quad (18)$$

Соответственно, поступательное ускорение

$$a(t) = - \frac{a^2}{\text{sh}^2 \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right) \right]} \quad (19)$$

и пройденный путь

$$s(t) = \frac{1}{b^2} \left\{ \ln \left| \text{sh} \left[ab(t - t_i) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right) \right] \right| - \ln \left| \text{sh} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right) \right] \right| \right\}. \quad (20)$$

Уравнение (9) допускает еще одно особое решение, когда $a^2 - b^2 v^2 = 0$, что соответствует движению с постоянной скоростью на участке времени $[t_i, t_{i+1}]$.

Кинематические параметры в этом случае определяют как

$$v(t) = v_i = +a/b; \quad (21)$$

$$a(t) = 0; \quad (22)$$

$$s(t) = v_i(t - t_i). \quad (23)$$

Время движения с постоянной скоростью задается исходя из условий маневрирования.

Кроме рассмотренных трех режимов возможны еще четыре особых режима изменения поступательной скорости подводного объекта: «форсированный разгон», «форсированное торможение», «торможение при полной остановке движителя» и «форсированное торможение реверсом тяги движителя».

Маневр «форсированный разгон». В этом случае разгон идет при повышенной тяге движителя и при достижении заданной скорости v_ϵ тяга уменьшается до номинального значения. При этом уравнения (9), (13), (15), (16) остаются справедливыми, а соотношение для определения времени окончания набора скорости (14) приобретает следующий вид ($\epsilon = 0$):

$$t_v = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arth} \left(\frac{b}{a} v_k \right) - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{a + bv_i}{a - bv_i} \right) \right]. \quad (14a)$$

Маневр «форсированное торможение». В этом случае торможение идет при заниженной тяге движителя и при достижении заданной скорости v_ϵ тяга увеличивается до номинального значения. При этом уравнения (9), (17), (19), (20) остаются справедливыми, а соотношение для определения времени окончания уменьшения скорости (18) приобретает вид ($\epsilon = 0$)

$$t_v = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arcth} \left(\frac{b}{a} v_k \right) - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i + a}{bv_i - a} \right) \right]. \quad (18a)$$

Маневр «торможение при полной остановке движителя». В этом случае уравнение (9) для убывающей поступательной скорости принимает другой вид:

$$\frac{dv(t)}{dt} = -b^2 v^2 \text{ с начальными условиями } v(t_i) = v_i. \quad (24)$$

Его точное аналитическое решение имеет вид

$$v(t) = \frac{v_i}{1 + v_i b^2 (t - t_i)}. \quad (25)$$

Время до полной остановки

$$t_{v=0} = t_i + \frac{v_i - \epsilon}{v_i b^2 \epsilon}. \quad (26)$$

Для поступательного ускорения и пройденного пути справедливы соотношения

$$a(t) = -\frac{v_i^2 b^2}{[1 + v_i b^2 (t - t_i)]^2}; \quad (27)$$

$$s(t) = \frac{1}{b^2} \ln |v_i b^2 (t - t_i) + 1| \quad (28)$$

Маневр «форсированное торможение реверсом тяги движителя, включая режим остановки». В этом случае дифференциальное уравнение для убывающей поступательной скорости имеет вид

$$\frac{dv(t)}{dt} = -(a^2 + b^2 v^2) \text{ с начальными условиями } v(t_i) = v_i. \quad (29)$$

Его точное аналитическое решение имеет вид

$$v(t) = \frac{a}{b} \operatorname{tg} \left(-ab(t - t_i) + \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} v_i \right) \right). \quad (30)$$

Время торможения до скорости $0 \leq v_k < v_i$ определяем по формуле

$$t_v = t_i - \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arctg} \frac{b}{a} v_k - \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} v_i \right) \right]. \quad (31)$$

Тогда для поступательного ускорения и пройденного пути справедливы соотношения

$$a(t) = -\frac{a^2}{\cos^2 \left(-ab(t - t_i) + \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} v_i \right) \right)}. \quad (32)$$

$$s(t) = -\frac{1}{b^2} \left\{ \ln \left[\cos \left(-ab(t - t_i) + \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} v_i \right) \right) \right] - \ln \left[\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{b}{a} v_i \right) \right) \right] \right\}. \quad (33)$$

Далее рассмотрим решение уравнения для угловой скорости изменения курса (3) и изменения угла дифферента (4). Эти уравнения имеют одинаковую структуру и один и тот же способ решения.

Приведем уравнение для курса (3) к виду

$$\frac{d\omega_y}{dt} = \frac{m_y^{\omega_y} \rho V^{4/3} + m V^{1/3} k_{35}}{2J_y (1 + k_{55})} v \omega_y + \frac{(m_y^{\delta_{\text{вн}}} \delta_{\text{вн}} + m_y^{\delta_{\text{вв}}} \delta_{\text{вв}}) \rho V}{2J_y (1 + k_{55})} v^2 = k_1 v \omega_y + k_2 v^2 \quad (34)$$

Если в уравнении (30) правую часть приравнять к нулю, то можно получить соотношение для радиуса установившейся циркуляции по курсу: $k_1 v \omega_y + k_2 v^2 = 0$, откуда следует

$$R_y = \frac{v}{\omega_y} = -\frac{k_1}{k_2} = -\frac{m_y^{\omega_y} \rho V^{4/3} + m V^{1/3} k_{35}}{(m_y^{\delta_{\text{вн}}} \delta_{\text{вн}} + m_y^{\delta_{\text{вв}}} \delta_{\text{вв}}) \rho V}. \quad (35)$$

Введем следующие обозначения для уже определенных функций:

$$p(t) = -\frac{m_y^{\omega_y} \rho V^{4/3} + 2m V^{1/3} k_{35}}{2J_y (1 + k_{55})} v(t) = k_1 v(t); \quad (36)$$

$$q(t) = \frac{(m_y^{\delta_{\text{вн}}} \delta_{\text{вн}} + m_y^{\delta_{\text{вв}}} \delta_{\text{вв}}) \rho V}{2J_y (1 + k_{55})} v(t)^2 = k_2 v(t)^2, \quad (37)$$

где коэффициент k_1 определяется параметрами подводного объекта, k_2 – параметрами объекта, ДРК и углами отклонений вертикальных рулей. Поступательная скорость $v(t)$ определяется одним из приведенных выше соотношений (13), (17), (21), (25) или (30).

Уравнение (34) примет стандартный вид

$$\frac{d\omega_y}{dt} + p(t)\omega_y = q(t) \quad (38)$$

с начальным условием $\omega_y(t_i) = \omega_{yi}$.

Как известно [3] – линейное неоднородное дифференциальное уравнение 1-го порядка.

Решения таких уравнений можно получить либо в виде квадратуры (определенного интеграла с переменной верхней границей), либо, если интеграл можно «взять», в виде алгебраической формулы. Таким образом, общее решение уравнения

$$(38) \text{ имеет вид: } \omega_y(t) = \left(\int_{t_i}^t q(t) e^{\int p(t) dt} dt + C \right) e^{-\int p(t) dt}, \text{ где константа } C \text{ определяется начальным условием } \omega_y(t_i) = \omega_{yi}.$$

Но интеграл $\int p(\tau) d\tau = \int k_1 v(t) dt = k_1 s(t)$. С учетом, что

$$q(t) = k_2 v^2(t), \text{ получим } \omega_y(t) = \left[k_2 \int_{t_i}^t v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt + C \right] e^{-k_1 s(t)}.$$

Постоянную интегрирования C определим из начальных условий на начало маневра $t = t_i$: $\omega_y(t_i) = \omega_{yi}$, $v(t_i) = v_i$ и $s(t_i) = 0$.

Тогда из $\left[k_2 \int_{t_i}^t v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt + C \right] e^{-k_1 s(t_i)} = \omega_{yi}$ получаем, что $C = \omega_{yi}$.

Таким образом, решение уравнения (34) можно записать в виде квадратуры

$$\omega_y(t) = e^{-k_1 s(t)} \left[k_2 \int v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt + \omega_{yi} \right].$$

Вычисляем интеграл $\int v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt$ методом интегрирования по частям [3]:

$$\begin{aligned} \int v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt &= \int v(t) \frac{ds(t)}{dt} e^{k_1 s(t)} dt = \\ &= \int v e^{k_1 s} ds = \int v du = \left| du = e^{k_1 s} ds \quad u = \frac{e^{k_1 s}}{k_1} \right| = \\ &= uv - \int u dv = \frac{e^{k_1 s}}{k_1} v - \int \frac{e^{k_1 s}}{k_1} v dv \approx \frac{e^{k_1 s}}{k_1} v(t). \end{aligned}$$

Так как последний интеграл

$$\frac{1}{k_1} \int e^{k_1 s} dv = \frac{1}{k} \int a(t) e^{k_1 s(t)} dt \ll \int v^2(t) e^{k_1 s(t)} dt, \text{ его величиной можно пренебречь.}$$

Окончательно угловая скорость в процессе маневра вычисляется по формуле:

$$\omega_y(t) \approx e^{-k_1 s(t)} \left[k_2 \frac{e^{k_1 s}}{k_1} v(t) + \omega_{yi} \right] = \frac{k_2}{k_1} v(t) + \omega_{yi} e^{-k_1 s(t)},$$

где ω_{yi} – величина угловой скорости изменения курса на момент начала маневра.

Если предположить, что до начала маневра «изменения курса» $\omega_{yi} = 0$, то, учитывая соотношение (35) для радиуса установившейся циркуляции, получаем с достаточной степенью точности

$$\omega_y(t) \approx \frac{v(t)}{R_y}. \quad (39)$$

Тогда изменение курса во время исполнения маневра «изменение курса» определяется в соответствии с формулой

$$\Psi(t) \approx \frac{s(t)}{R_y}, \quad (40)$$

а угловое текущее ускорение вычисляется как

$$\varepsilon_y(t) \approx \frac{a(t)}{R_y}. \quad (41)$$

Время перехода на заданный курс ψ_k , для возможных режимов изменения поступательной скорости $v(t)$ определяется по формулам:

– скорость возрастает:

$$t_\psi = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arch} \left\{ \operatorname{ch} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{a+bv_i}{a-bv_i} \right) \right] \cdot e^{R_{уст}^y b^2 (\psi_k - \psi_i)} \right\} - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{a+bv_i}{a-bv_i} \right) \right]; \quad (42)$$

– скорость уменьшается:

$$t_\psi = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arsh} \left\{ \operatorname{sh} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i+a}{bv_i-a} \right) \right] \cdot e^{R_{уст}^y b^2 (\psi_k - \psi_i)} \right\} - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i+a}{bv_i-a} \right) \right]; \quad (43)$$

– скорость постоянна:

$$t_\psi = t_i + \operatorname{abs} \left[\frac{R_{уст}^y (\psi_k - \psi_i)}{v_i} \right]. \quad (44)$$

Совершенно аналогично можно получить приближенное решение для уравнения (4), определяющее угловую скорость изменения дифферента $\omega_z(t)$. В этом случае уравнение (4) также приводится к стандартному виду (38), в котором

$$p(t) = -\frac{\frac{1}{2} m_z^{\omega_z} \rho V^{4/3} + m V^{1/3} k_{26}}{2J_z (1+k_{66})} v(t) = k_1 v(t); \quad (45)$$

$$q(t) = \frac{(m_z^{\delta_{it}} \delta_{it} + m_z^{\delta_{ie}} \delta_{ie} + m_z^{\delta_{et}} \delta_{et} + m_z^{\delta_{ee}} \delta_{ee}) \rho V}{2J_z (1+k_{66})} v(t)^2 = k_2 v(t)^2. \quad (46)$$

Радиус установившейся циркуляции по дифференту получим из $k_1 v \omega_z + k_2 v^2 = 0$, откуда следует:

$$R_z = \frac{v}{\omega_z} = -\frac{k_1}{k_2} = -\frac{\frac{1}{2} m_z^{\omega_z} \rho V^{4/3} + m V^{1/3} k_{26}}{(m_z^{\delta_{ит}} \delta_{ит} + m_z^{\delta_{ie}} \delta_{ie} + m_z^{\delta_{et}} \delta_{et} + m_z^{\delta_{ee}} \delta_{ee}) \rho v}. \quad (47)$$

Тогда, производя выкладки аналогичные сделанным выше, получим, что:

$$\omega_z(t) \approx \frac{v(t)}{R_z}. \quad (48)$$

Изменение угла дифферента во время исполнения маневра «изменение глубины»:

$$\theta(t) \approx \frac{s(t)}{R_z}. \quad (49)$$

Текущее значение углового ускорения

$$\varepsilon_z(t) \approx \frac{a(t)}{R_z}. \quad (50)$$

Время перехода на заданный дифферент θ_k , для возможных режимов изменения поступательной скорости $v(t)$ определяется по следующим формулам:

– скорость возрастает:

$$t_\theta = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arch} \left\{ \operatorname{ch} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{a+bv_i}{a-bv_i} \right) \right] \cdot e^{R_{уст}^z b^2 (\theta_k - \theta_i)} \right\} - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{a+bv_i}{a-bv_i} \right) \right]; \quad (51)$$

– скорость уменьшается:

$$t_\theta = t_i + \frac{1}{ab} \left[\operatorname{arsh} \left\{ \operatorname{sh} \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i+a}{bv_i-a} \right) \right] \cdot e^{R_{уст}^z b^2 (\theta_k - \theta_i)} \right\} - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{bv_i+a}{bv_i-a} \right) \right]; \quad (52)$$

– скорость постоянна:

$$t_\theta = t_i + \operatorname{abs} \left[\frac{R_{уст}^z (\theta_k - \theta_i)}{v_i} \right]. \quad (53)$$

Уравнение (2) для угловой скорости изменения крена можно представить в виде:

$$J_x (1+k_{44}) \frac{d\omega_x}{dt} = \frac{1}{2} m_x^{\omega_x} \rho V^{4/3} v \omega_x - \rho g V h \sin \varphi + \frac{1}{2} \left[\frac{m_x^{\omega_y} V^{1/3}}{R_y} + m_x^{\delta_{вн}} \delta_{вн} + m_x^{\delta_{вб}} \delta_{вб} + m_x^{\delta_{нп}} \delta_{нп} + m_x^{\delta_{нл}} \delta_{нл} + m_x^{\delta_{кп}} \delta_{кп} + m_x^{\delta_{кл}} \delta_{кл} \right] \rho V^2. \quad (54)$$

В установившемся режиме ($\dot{\omega}_x = 0$, $v > 0$ и $\omega_y \neq 0$) угол крена вычисляем по формуле:

$$\varphi = \arcsin \left[\frac{\left(\frac{m_x^{\omega_y} V^{1/3}}{R_y} + m_x^{\delta_{вн}} \delta_{вн} + m_x^{\delta_{вб}} \delta_{вб} \right) v^2}{2gh} + \frac{\left(m_x^{\delta_{гпн}} \delta_{гпн} + m_x^{\delta_{грл}} \delta_{грл} + m_x^{\delta_{гкп}} \delta_{гкп} + m_x^{\delta_{гкл}} \delta_{гкл} \right) v^2}{2gh} \right]. \quad (55)$$

СОТНОШЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ И ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МАНЕВРА

Траекторию движения объекта будем строить в неподвижной системе координат $OXYZ$, начало которой связано с некоторой точкой на водной поверхности. Ось OX направлена на север. Относительно нее, глядя сверху, будет отсчитываться курс объекта. Положительное направление отсчета – по часовой стрелке. Диапазон изменения угла курса $[0^\circ, 360^\circ]$. Ось OY направлена вертикально вверх. Ось OZ направлена на восток. Угол дифферента считается положительным при дифференте на корму. Угол крена считается положительным при крене на правый борт. На момент начала очередного участка маневрирования t_i начальные координаты объекта имеют значения X_i, Y, Z_i , а начальная глубина погружения: $h_i = -Y_i$. В зависимости от типа участка маневрирования расчет текущих значений координат траектории ведется по следующим формулам:

– в самом общем случае, когда одновременно меняется и курс и дифферент (движение по поверхности эллипсоида):

$$X(t) = X + R_z \sin(\theta(t) - \theta_0) \cos(\psi(t) - \psi_0); \quad (56)$$

$$Y(t) = Y + R_z (\cos \theta_0 - \cos \theta(t)); \quad (57)$$

$$Z(t) = Z + R_z \sin(\theta(t) - \theta_0) \sin(\psi(t) - \psi_0); \quad (58)$$

– меняется только курс, при этом угол дифферента может быть любым, включая и ноль (движение по горизонтальной окружности или по цилиндрической поверхности).

$$X(t) = X + R_y (\sin \psi(t) - \sin \psi_0) \cos \theta_0; \quad (59)$$

$$Y(t) = Y + [S(t) - S(t_0)] \sin \theta_0; \quad (60)$$

$$Z(t) = Z + R_y (-\cos \psi(t) + \cos \psi_0) \cos \theta_0; \quad (61)$$

– меняется угол дифферента, курс при этом может иметь любое значение, включая и ноль (движение по окружности в вертикальной плоскости).

$$X(t) = X + R_z (\sin \theta(t) - \sin \theta_0) \cos \psi_0; \quad (62)$$

$$Y(t) = Y + R_z (-\cos \theta(t) + \cos \theta_0); \quad (63)$$

$$Z(t) = Z_i + R_z(\sin\theta(t) - \sin\theta_0)\sin\psi_0; \quad (64)$$

– курс и угол дифферента не изменяются (движение по прямой наклонной или горизонтальной).

$$X(t) = X_i + [S(t) - S(t_i)]\cos\theta_0\cos\psi_0; \quad (65)$$

$$Y(t) = Y_i + [S(t) - S(t_i)]\sin\theta_0; \quad (66)$$

$$Z(t) = Z_i + [S(t) - S(t_i)]\cos\theta_0\sin\psi_0. \quad (67)$$

Во всех этих случаях глубина погружения, определяется соотношением:

$$h(t) = -Y(t). \quad (68)$$

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МАНЕВРА ПО ПРЕДЛАГАЕМОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И НЕКОТОРОЙ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ

Для примера был выбран пространственный маневр перехода подводного объекта из некоторого начального состояния, в котором поступательная скорость объекта – 5 уз, угол курса – 0°, и глубина погружения – 150 м, в некоторое конечное состояние, где новая скорость объекта 21 уз, новый курс 120° и новая глубина погружения 300 м.

Заданный маневр предполагает совместное выполнение следующих действий:

– переход на новую поступательную скорость движения, который осуществляется увеличением тяги движителя объекта до необходимого значения;

– переход на новый курс, который происходит за счет перекладки вертикальных рулей на заданную величину, и дальнейшей пространственной циркуляции подводного объекта до выхода на заданный курс одновременно с возвращением вертикальных рулей в нулевое положение;

– переход на новую глубину погружения, где сначала набирается допустимый угол дифферента на нос объекта, затем движение с набранным дифферентом к заданной глубине и выход на заданную глубину с нулевым дифферентом.

В качестве эталона использовалась модель, основанная на численном интегрировании 6-ти нелинейных дифференциальных уравнений динамики подводного объекта [1]. Результаты эталонного моделирования приводятся на рис. 1–3. На этих же рисунках изображены аналогичные графики, полученные по формулам предлагаемой имитационной модели.

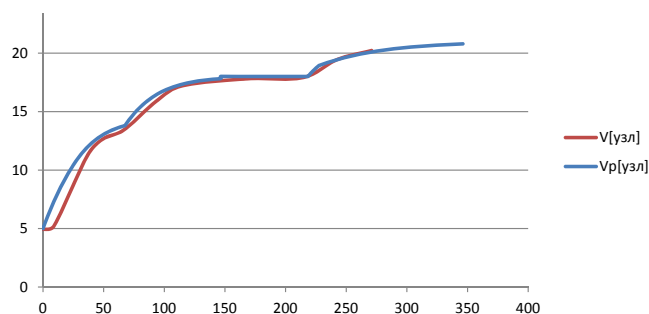


Рис. 1. Изменение поступательной скорости от времени, где V_p – скорость по имитационной модели, а V – скорость по эталонной модели

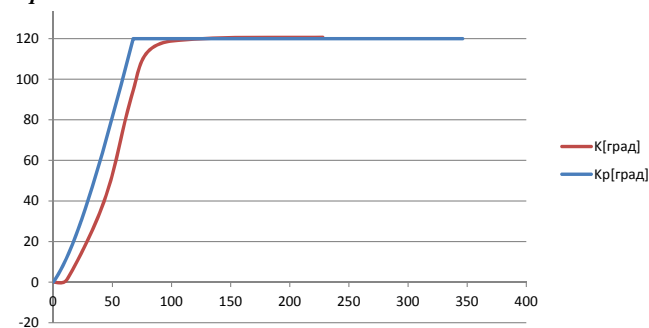


Рис. 2. Изменение курса от времени, где K_p – курс по имитационной модели, а K – курс по эталонной модели

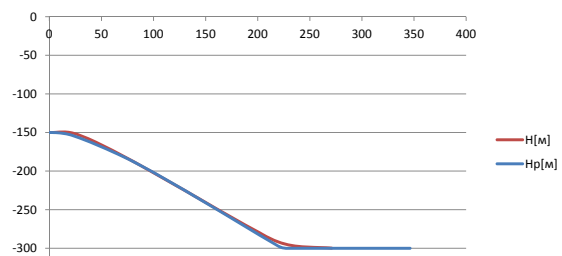


Рис. 3. Изменение глубины от времени, где H_p – глубина по имитационной модели, а H – глубина по эталонной модели

Сравнительный анализ полученных результатов показывает на их достаточно хорошее совпадение. Небольшая разница в начале графика изменения поступательной скорости, объясняется тем, что в эталонной модели тяга движителя увеличивалась до необходимого значения постепенно, а в предлагаемом варианте модели мгновенно. Смещение во времени графиков изменения курса, также, обусловлено конечным временем перекладки вертикальных рулей в эталонной модели (примерно 10–15 с). В предлагаемом варианте модели перекладка рулей полагалась мгновенной. Предположение о мгновенном изменении состояния движительно-рулевого комплекса подводного объекта не является критичным.

Предлагаемую модель можно использовать и в случае конечных временных интервалов изменения тяги и перекладок рулей. Для этого необходимо произвести дискретизацию временного интервала изменения соответствующего параметра и дискретизацию значений самого параметра. В результате увеличения числа интервалов постоянства параметров ДРК, объем вычислений несколько увеличивается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в основе предлагаемой математической модели лежат аналитические решения нелинейных дифференциальных уравнений в виде алгебраических выражений, содержащие элементарные функции.

Полученные соотношения позволяют вычислять текущие значения скоростей, ускорений и перемещений, как линейных, так и угловых координат на любой момент времени из интервала, на котором построено решение, и, таким образом, решать задачи построения траекторий для заранее заданных законов управления ДРК. Кроме того, полученные выражения позволяют вычислять время окончания изменения каких-либо параметров МПО в зависимости выбранных законов управления ДРК и точности. Это позволяет формировать оптимальные по быстродействию или по затрачиваемой энергии управления изменением этих параметров.

Полученные выражения явно зависят не только от текущего времени, но и от коэффициентов исходных дифференциальных уравнений и их начальных условий, что позволяет исследовать зависимость (чувствительность) полученных решений от этих коэффициентов и начальных условий ДУ. При этом в число этих коэффициентов входят как гидродинамические коэффициенты МПО, так и его ДРК, а также параметры положения органов ДРК и тяги движителя. Это обстоятельство позволяет ставить и решать задачи синтеза оптимальных управлений по разнообразным критериям качества.

Используя результаты натурных измерений, представленные решения позволяют решать задачу идентификации параметров как самого МПО, так и его ДРК. Это позволяет создавать в дальнейшем адаптивные или самообучающиеся системы управления движением МПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукомский Ю. А., Корчанов В. М. Управление морскими подвижными объектами – СПб.: Элмор, 1996. – 320 с.
2. Рождественский К. В., Рыжов В. А. Оценка времени вертикального погружения тела, оснащенного механизмом изменения плавучести. // Морской вестник. – 2013. – № 2 (46). – С. 101–104.
3. Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике. – Ч. 2. – М.: Рольф. 2000. – 256 с. ■

Широкое внедрение цифровой вычислительной техники и информационных технологий в процессы боевой и повседневной эксплуатации кораблей сделало актуальной проблему создания тренажера на борту корабля.

Так, например, в работе [1] рассматривался вариант использования персональной ЭВМ в качестве интеллектуального тренажера для отработки навыков корабельных специалистов по принятию решений в аварийных и нестандартных ситуациях. В перечне режимов использования цифровых систем управления появился учебно-тренировочный режим (УТР), который должен обеспечивать поддержание управленческих навыков корабельных операторов в соответствии с квалификационными требованиями.

Как отмечено в работе [2], УТР был предусмотрен еще в системах управления техническими средствами кораблей второго и третьего поколений и назывался функциональным контролем.

Вместе с тем существует целый ряд организационно-технических факторов, которые в значительной мере препятствуют превращению УТР в полноценный бортовой тренажер (БТ), главным из которых является невозможность выключения штатной системы управления из режима работы по прямому назначению даже на короткое время.

Любой тренажер (в том числе и бортовой) имеет три основные компоненты [3]:

- конструктивную (точную внешнюю копию рабочего места оператора);
- модельную (адекватную модель объектов управления и режимов их использования);
- педагогическую (рабочее место руководителя обучения с функциями организации и контроля учебного процесса).

Только одновременное наличие всех перечисленных компонент позволяет превратить УТР в бортовой тренажер.

В настоящее время проблема создания тренажера на борту корабля приобретает реальные контуры ее решения. Это связано прежде всего с появлением в составе систем управления техническими средствами (СУТС) корабля резервных пультов управления (РПУ), которые без ущерба для его боеготовности могут быть переведены в режим тренажера. Конструктивная компонента в данном случае присутствует в полном объеме без каких-либо условностей. Модельная компонента потребует установки дополнительного программного обеспечения (ПО) с моделями объектов управления в РПУ. Степень детальности и глубина моделирования объектов управления в рассматриваемом случае могут быть более упрощенными по сравнению с полноценным тренажерным комплексом.

Рабочее место руководителя обучения (РМРО) технически может быть реализовано в нескольких вариантах, но его наличие обязательно.

Ниже будет рассмотрен один из возможных вариантов реализации бортового тренажера на основе РПУ.

БОРТОВОЙ ТРЕНАЖЕР С МОДУЛЕМ ЭТАЛОННЫХ СЦЕНАРИЕВ.

При реализации РМРО необходимо обеспечение следующих основных функций:

- учет и регистрация обучающихся корабельных специалистов;
- подготовка исходных данных для проведения учебных мероприятий;
- управление ходом учебного процесса, его протоколирование и документирование;
- контроль уровня обученности на основе автоматической оценки действий обучающегося с определением вида ошибок;
- предоставление информационной поддержки при разборе проведенных занятий.

Учебные задания, подготовленные преподавателем, обучающиеся могут выполнять самостоятельно, а преподаватель

ТРЕНАЖЕР НА БОРТУ КОРАБЛЯ

В. В. Кобзев, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,
Д. К. Шилов, инженер 3-й категории, ОАО «Концерн «НПО Аврора»,
контакт. тел. (812) 292 9558

должен иметь возможность оценивать их по сохраненной в архиве информации.

Любой вид контроля уровня обученности (контроль преподавателем или самоконтроль оператором своих действий) должен предусматривать сравнение фактических действий оператора с действиями, которые можно условно назвать эталонными. Это так называемый «принцип эталона» [4].

По всему перечню учебных занятий необходимо разработать эталонные сценарии, которые будут являться содержанием модуля эталонных сценариев (МЭС). МЭС, в свою очередь, входит в состав ПО РМРО.

Как отмечено в работе [5], МЭС должен создаваться с применением теории экспертных систем в ходе взаимодействия инженера по знаниям с экспертом.

Экспертами могут быть высококвалифицированные операторы и преподаватели учебных центров ВМФ, а инженерами по знаниям – инженеры-программисты.

Схема бортового тренажера с МЭС приведена на рис. 1. С РМРО преподаватель задает тему тренировки оператору на резервный пульт управления и в МЭС. Элементами эталонного сценария являются эталонные действия. За счет постоянной связи между МЭС и ПО СУ эталонные действия (ЭД) сравниваются с фактическими действиями (ФД) оператора. На основе сравнения формируется сообщение об ошибке.

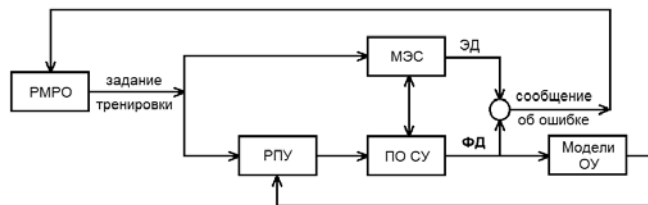


Рис. 1. Схема бортового тренажера с МЭС

Таким образом, для контроля уровня обученности в составе ПО РМРО необходимо иметь модуль эталонных сценариев.

В работе [4] подробно описаны функциональная структура ПО УТР, редактор эталонных сценариев и технология сравнения с эталонными действиями фактических действий оператора. Рассмотрим подробнее структуру базы данных БТ.

БАЗА ДАННЫХ БОРТОВОГО ТРЕНАЖЕРА

Основу построения информационной модели БТ составляет реляционная SQL – совместимая база данных (БД), имеющая фиксированную структуру, которая определяется при разработке тренажера и не изменяется в процессе эксплуатации. Структура БД показана на рис. 2, структура тестового контроля – на рис. 3.



Рис. 2. Структура БД бортового тренажера

Структурные элементы БД представляют собой таблицы с функциональными полями, которые описывают все множество действий по реализации алгоритмов управления, а также все аспекты организации и контроля учебного процесса.

Таблица набора эталонных сценариев со следующими полями: идентификатора задания, к которому относится элемент набора эталонного решения; идентификатора действия из глобального списка действий оператора; параметра команды (сигнала); идентификатора родительского действия (если в эталонном наборе решений последовательность действий не является линейной); времени на выполнение действия.

Таблица полного списка всех доступных элементарных действий оператора СУ, используемых для формирования эталонных решений (полностью формируется в ходе разработки ПО и не меняется при эксплуатации) имеет следующие поля: уникального идентификатора действия (первичный ключ); типа действия; кода команды или сигнализатора (в кодировке штатной СУ); текстового описания действия.



Рис. 3. Структура тестового контроля

Набор действий оператора включает: дискретную команду управления (включить, отключить); команду управления аналоговую (задание уставки); контроль дискретных сигналов для сигнализаторов с различным количеством состояний; контроль аналогового сигнала на условие «не больше» или «не меньше».

Очевидно, что набор действий оператора может быть расширен с учетом специфики алгоритмов управления и контроля.

Таблица списка всех учебных заданий (модифицируется в процессе эксплуатации) с полями: уникального идентификатора задания; текстового описания задания; идентификатора начального состояния; предельного времени, за которое должно быть выполнено задание.

Таблица информации по всем обучающимся с полями: уникального идентификатора обучающегося; фамилии, имени, отчества обучающегося; воинского звания обучающегося; боевого номера обучающегося.

Таблица списка проведенных учебных занятий (тренировок) с полями: уникального идентификатора занятия; времени начала занятия; времени окончания занятия; уникального идентификатора обучающегося, выполняющего задание; уникального идентификатора задания на тренировку; оценки, выставляемой преподавателем за проведенное занятие; дополнительного текстового комментария к оценке с анализом ошибок.

Таблица списка управляющих воздействий оператора (фактические действия оператора) в процессе учебного занятия с полями: идентификатора занятия; астрономического времени выполнения воздействия; модельного времени выполнения воздействия (времени занятия); кода управляющего воздействия в кодировке штатной СУ; параметра управляющего воздействия; последовательности управляющих воздействий (заполняется в момент разбора занятия).

Таблица списка «временных срезов» трендов контролируемых параметров СУ при проведении занятия с полями: идентификатора проводимого занятия; астрономического времени

(по таймеру операционной системы); времени тренировки (модельное время); параметров состояния СУ (количество и тип выбираются при проектировании БД).

Таблица с информацией о наборах данных начального состояния моделирования, хранящихся в ПО модели объекта управления (создается и заполняется разработчиками БТ) с полями: идентификатора начального состояния моделирования (НСМ); текстового описания НСМ.

Таблица инициализации программ моделирования и управления при загрузке учебного задания на исполнение с полями: уникального идентификатора начального состояния; массива параметров для начального состояния ОУ.

Таблица спецификации параметров, изменяемых пользователем для корректировки данных установленного НСМ (создается и заполняется разработчиками БТ) с полями: ссылки на уникальный идентификатор начального состояния моделирования; символьного идентификатора параметра; вербального описания для отображения на экране; типа данных параметра; пределов изменения параметра.

Структура тестового контроля (см. рис. 3) достаточно проста и не нуждается в дополнительных комментариях. Приведенный выше состав БД бортового тренажера, безусловно, не является единственно возможным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Помимо чисто технических задач, которые следует решать при создании тренажера на борту корабля, существует целый ряд задач организационного характера. В данной работе постоянно использовался термин *преподаватель*. Известно, что в составе экипажа такой должности нет. В роли преподавателя могут быть командиры боевых частей и дивизионов, а также опытные операторы с большим сроком службы.

В суточных планах боевой подготовки экипажа необходимо предусмотреть лимит времени на учебные мероприятия с использованием БТ, поскольку при этом будут задействованы штатные системы управления в составе РПУ.

Облик РМРО будет зависеть от типа корабля, на который предполагается установить БТ (надводный корабль или подводная лодка), он может варьироваться, это могут быть приборная специальная стойка, отдельный стационарно устанавливаемый компьютер или переносной компьютер (ноутбук), подключаемый на время проведения занятия.

Наличие РМРО в любом из перечисленных видов является, по нашему мнению, необходимым условием трансформации УТР в тренажерный режим.

Необходимо отметить, что предлагаемый вариант исполнения БТ на основе РПУ, имея более низкую стоимость по отношению к тренажерам учебных центров, может быть использован только для одиночной подготовки, так как имеет одно рабочее место. Педагогической целью подготовки на БТ может быть поддержание навыков управления на уровне квалификационных требований с акцентом на аварийные ситуации и поиск отказов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобзев В. В. Интеллектуальный тренажер на борту судна // Судостроение. – 1994. – № 4. – С. 23–24.
2. Блинов С. В., Киселев В. В., Сус Г. Н. Бортовой тренажерный комплекс, встроенный в систему управления техническими средствами ПЛ // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – СПб., 2010. – Вып. 21. – С. 134–138.
3. Кобзев В. В., Шилов К. Ю. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов. – СПб.: Наука. 2005. – 156 с.
4. Кобзев В. В., Сизов Ю. Н., Скитидарников А. С., Шилов Д. К. Контроль ошибочных действий оператора при отработке на тренажере // Программные продукты и системы. – 2013. – № 4. – С. 271–277.
5. Кобзев В. В., Сизов Ю. Н., Телюк И. В. Автоматический контроль действий оператора при обучении на тренажере // Морской вестник. – 2014. – № 3 (51). – С. 46–47. ■

В настоящее время термин «информационный риск» нашел широкое применение как в теоретических работах, так и на практике [1–3 и др.]. Однако пока не существует принятой большинством ученых и практиков трактовки понятия информационный риск, более того, еще не сложилось общепринятое его толкование. Некоторые специалисты считают, что информационный риск – это возможное событие, в результате которого несанкционированно удаляется, искажается информация, нарушается ее конфиденциальность или доступность. То есть, понятие информационного риска используется как синоним понятия «угроза безопасности информации». Необходи-

моимо отметить, что ставший уже привычным термин «угроза безопасности» хоть и звучит впечатляюще, на самом деле является идиоматическим оборотом. Безопасности никто никогда не грозил! Угрожают не состоянию и не ситуации, а объекту.

Такой подход нельзя признать верным. Исторически риск понимался как неопределенность, связанная с вероятностью благоприятного или неблагоприятного исхода, причем к негативным последствиям интерес был намного выше. В разное время риск изучался как аспект игры (например, у Б. Паскаля, Х. Гюйгенса), элемент задачи оценки в страховании (например, у Д. Бернулли). Были введены функции полезности как количественно (у того же Д. Бернулли, Г. Госсена, и позднее у Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна), так и качественно, например, в работах В. Парето, описывавших выбор определенного решения. Как и начальные работы, большинство из них основано на понятии риска и связанных с ним характеристиках системы. Более того, сам по себе риск отделялся от понятия случайного события, поскольку являлся оценочной величиной, указывающей на возможные потери (начиная с работ Ф. Найта и др.).

Поэтому основным определением понятия риска, как и ранее, остается следующее: «риск – это сочетание вероятности и последствий наступления некоторого события» [4–6 и др. – для экономического риска, 7–9 и др. – для технических рисков, 10–12 и др. – для информационного риска]. В области информационного риска наблюдается стандартный подход к определению, который связывает в единую величину три составляющие: вероятность уязвимости, вероятность угрозы безопасности, вероятность негативного воздействия [12–14]. Очевидно, что в этом случае идет уточнение (декомпозиция) первого компонента риска – вероятности осуществления негативного события. Эта декомпозиция может быть более детальной, например, как в работе [15], или сводиться к простому вычислению вероятности из известного закона распределения случайной величины. Вместе с тем именно определение уровня риска – принципиально важный момент при формировании требований к системе безопасности информационных ресурсов.

Используется количественная или качественная оценка возможных рисков. Наиболее распространенной на практике остается качественная оценка информационных рисков, когда при отсутствии точных данных эксперт, анализирующий риски, устанавливает значения параметров. Суть методики заключается в определении посредством экспертных оценок зависимости значения риска от определенных факторов: вероятности наступления события и ущерба от его наступления. Формула, чаще всего используемая в этом случае при расчете рисков, представляет собой произведение трех параметров:

– стоимости ресурса (Asset Value, AV). Указанная величина характеризует ценность ресурса. При качественной оценке

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ РИСКОВ

Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф.,

ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,

А.П. Нырков, д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,

Ю.Ф. Каторин, д-р воен. наук, проф. ИТМО,

А.А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф.,

коммерческий директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,

А.В. Башмаков, канд. техн. наук,

доцент ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,

С.С. Соколов, канд. техн. наук, доцент,

начальник управления информатизации ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,

Р.А. Нурдинов, аспирант НИУ ИТМО,

контакт. тел. (812) 746 9733, +7 (921) 949 2847, +7 (981) 798 9786

рисков стоимость ресурса чаще всего ранжируется в диапазоне от 1 до 3, где 1 – минимальная стоимость ресурса, 2 – средняя стоимость ресурса и 3 – максимальная стоимость ресурса;

– меры уязвимости ресурса к угрозе (Exposure Factor, EF). Этот параметр показывает, в какой степени тот или иной ресурс уязвим по отношению к рассматриваемой угрозе. При качественной оценке рисков данная величина также ранжируется в диапазоне от 1 до 3, где 1 – минимальная мера уязвимости (слабое воздействие), 2 – средняя (подвергшийся воздействию ресурс подлежит восстановлению), 3 – максимальная (ресурс требует полной замены после реализации угрозы);

– оценки вероятности реализации угрозы (Annual Rate of Occurrence, ARO), которая демонстрирует, насколько вероятна реализация определенной угрозы за определенный период (как правило, в течение года) и также ранжируется по шкале от 1 до 3 (низкая, средняя, высокая).

На основании полученных данных выводится оценка ожидаемых потерь (уровень риска):

– оценка ожидаемого возможного ущерба от единичной реализации определенной угрозы (Single Loss Exposure, SLE) рассчитывается по формуле

$$SLE = AV \times EF;$$

– итоговые ожидаемые потери от конкретной угрозы за определенный период (Annual Loss Exposure, ALE) характеризуют величину риска и рассчитывается по формуле

$$ALE = SLE \times ARO.$$

Таким образом, конечная формула расчета рисков представляет собой произведение

$$ALE = AV \times EF \times ARO.$$

Полученные результаты излагаются в табличной форме. После ранжирования определяются риски, требующие первоочередного внимания. Основным методом управления такими рисками является снижение, реже – передача. Риски среднего ранга могут передаваться или снижаться наравне с высокими рисками. Риски низшего ранга, как правило, принимаются и исключаются из дальнейшего анализа.

Диапазон ранжирования рисков принимают, исходя из проведенного расчета их качественных величин. Так, например, если величины рассчитанных рисков лежат в диапазоне от 1 до 18, низкие риски находятся в диапазоне от 1 до 7, средние – в диапазоне от 8 до 14, высокие – в диапазоне свыше 14. Управление рисками сводится к снижению величин высоких и средних рисков до значений, характерных для низких рисков. Снижение величины риска достигается за счет уменьшения одной или нескольких составляющих (AV, EF, SLE) путем принятия определенных мер. В основном это возможно применительно к EF и SLE, так как AV (стоимость ресурса) – фиксированный параметр. Снижение параметра SLE, т.е. вероятности реализации угрозы, может быть достигнуто за счет технических мер защиты информации [10].

Как видим, при качественной оценке большинство из описанных параметров принимается на основе мнения эксперта. Распространенность этого метода связана с тем, что количественная оценка вероятности реализации угрозы весьма затруднена вследствие относительной новизны информационных технологий и, значит, отсутствия универсальных методик оценки, а также достаточного количества статистических данных. Однако в случае экспертной оценки стоимости ресурса (AV) точная количественная оценка (например, в денежном эквиваленте) чаще всего не проводится, и тогда определение параметра SLE в абсолютных величинах невозможно. Вместе с тем только существенно и качественно выполненный анализ информационных рисков позволяет в дальнейшем провести сравнительную оценку по критерию «эффективность–стоимость» различных вариантов защиты. Таким образом, сама по себе качественная оценка рисков не позволяет аргументировать размер инвестиций в безопасность, так как не содержит конкретных цифр для определения затрат в случае реализации угроз, а значит, и аргументировать стоимость работ, направленных на снижение рисков.

Количественная оценка риска рассчитывается либо аналитически, но тогда для ее точного расчета требуется очень большой объем исходных данных, что вызывает скептическое отношение к таким оценкам ряда специалистов по анализу риска, ориентированных на практические задачи [10, 16], либо графически, с построением в заданном пространстве зависимости потерь от вероятности реализации угроз. Прогнозирование отдельных параметров риска с приемлемой точностью – весьма трудоемкая задача, и получить точную количественную оценку очень сложно.

Стоимость ресурса рассчитывается с использованием экономических методик, а для расчета вероятности реализации угрозы требуется владеть методами, используемыми специалистами по информационной безопасности, что еще больше усложняет задачу.

Предлагаемая методика выбора мер и средств защиты была разработана с учетом основных положений стандарта ISO/IEC 27005:2008 и включает 11 этапов.

Этап 1: выбор объектов защиты. В качестве стандартных объектов защиты определены следующие: предприятие, автоматизированная система, локальная вычислительная сеть, здание/помещение, автоматизированное рабочее место. Кроме того, предусмотрена возможность создания и описания новых видов объектов защиты.

Этап 2: определение информационных активов. К первичным активам относят бизнес-процессы, файлы, базы данных, документы, к активам поддержки – программные и аппаратные средства обработки, хранения и передачи информации [17]. Для каждого актива определяются критические свойства: конфиденциальность, целостность, доступность.

Этап 3: перед расчётом стоимости информационных активов нужно обозначить компоненты, из которых она будет складываться. Эти компоненты делятся на три группы:

- затраты на создание (приобретение), внедрение и эксплуатацию;
- ожидаемая выгода (от использования, продажи, конфиденциальности актива);
- убытки организации от реализации угроз (ущерб репутации, ответственность за несоблюдение законов и договоров, простой в производстве и реализации услуг).

Для каждого компонента определяются критические свойства актива, которым он соответствует (табл. 1).

Себестоимость создания информационного актива C находится по формуле

$$C = Z_m + Z_o \times (1 + P_c/100) + A + Z_n,$$

где C – себестоимость; Z_m – затраты на материалы; Z_o – затраты на оплату труда; P_c – ставка отчислений в социальные фонды; A – амортизационные отчисления; Z_n – прочие затраты.

Для определения величины затрат на создание (приобретение), внедрение и эксплуатацию информационного актива находят его цену потребления [21]:

$$C_{\text{потр}} = C_{\text{пок}} \times C + Z_b + Z_a,$$

где $C_{\text{пок}}$ – цена покупки; Z_b – «затраты на внедрение; Z_a – эксплуатационные издержки.

Таблица 1

Компоненты стоимости информационного актива

Компоненты стоимости актива		Критические свойства актива
Затраты на создание / покупку и эксплуатацию	Цена потребления актива $C_{\text{потр}}$	Целостность
	Выгода от продажи актива $V_{\text{прод}}$	Конфиденциальность, целостность
Ожидаемая выгода от использования	Выгода от использования актива $V_{\text{исп}}$	Доступность, целостность
	Выгода от сохранения конфиденциальности $V_{\text{конф}}$	Конфиденциальность
	Прочие выгоды $V_{\text{проч}}$	Конфиденциальность, целостность, доступность
Убытки организации	Ущерб репутации $U_{\text{реп}}$	Конфиденциальность
	Ответственность за несоблюдение законов $U_{\text{зак}}$	Конфиденциальность
	Простой в производстве /реализации услуг $U_{\text{прос}}$	Доступность, целостность
	Прочие убытки $U_{\text{проч}}$	Конфиденциальность, целостность, доступность

Для каждого актива определяется массив $s_i [z]$ из семи элементов с индексами z от 1 до 7 (табл. 2).

Таблица 2

Наборы критических свойств, соответствующие индексам массива $s_i [z]$

Набор критических свойств	Индекс массива, z	Индекс в двоичной форме
Доступность	1	001
Целостность	2	010
Целостность, доступность	3	011
Конфиденциальность	4	100
Конфиденциальность, доступность	5	101
Конфиденциальность, целостность	6	110
Конфиденциальность, целостность, Доступность	7	111

Для наглядности индекс элемента представлен в двоичной записи, в которой каждая из трех двоичных цифр соответствует одному из трех свойств информационных активов, при этом, если свойство является для него критическим, то она равна 1, а если нет, то 0.

Стоимость i -го информационного актива рассчитывается по формуле

$$s_i = C_{\text{потр } i} + B_i + Y_i,$$

где $C_{\text{потр } i}$ – цена потребления актива; B_i – ожидаемая выгода от использования актива; Y_i – убытки организации в случае реализации угроз активу.

Стоимость всех активов складывается, образуя стоимость объекта защиты

$$S_{\text{ОЗ}} = \sum s_i (i = 1..n).$$

Этап 4: составление перечня угроз. За основу может быть взят типовой перечень угроз из ISO/IEC 27005:2008. Определяются актуальные для объекта защиты угрозы и нарушаемые ими свойства информационных активов.

Этап 5: определение вероятности реализации угроз. Для каждой угрозы, сопоставленной активу, определяется вероятность реализации методом экспертной оценки. Для

того чтобы выяснить, насколько мнения экспертов согласованы между собой, находится коэффициент конкордации Кендалла:

$$W = \frac{12 \times D}{f^2 (h^3 - h)},$$

где D – сумма квадратов отклонений оценок каждого эксперта от средней суммы оценок; f – количество экспертов; h – количество оцениваемых значений вероятности реализации угроз. Для проверки значимости находится критерий Пирсона:

$$\chi^2 = f \times (h - 1) \times W.$$

Если полученное значение χ^2 больше табличного $\chi^2_{кр}$, то мнения экспертов считаются значимыми. Для каждого актива определяется массив

$$p_i[z] = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - p_{ij}[z]),$$

где $p_{ij}[z]$ – вероятность реализации j -ой угрозы i -му активу, нарушающей z -ый набор критических свойств актива.

Этап 6: расчёт величины полного риска. Значение ущерба i -му активу от реализации угроз, нарушающих определённые критические свойства актива, равно сумме значений компонентов стоимости актива, связанных с этими свойствами:

$$q_i[z] = s_i[z].$$

Зная вероятность реализации угроз и величину ущерба для семи наборов критических свойств, можно вычислить значение риска для i -го актива R_i по формуле

$$R_i = \sum_{z=1}^7 p_i[z] \times q_i[z].$$

Суммарный (полный) риск R_s представляет собой суммарное значение риска для объекта защиты до внедрения мер и средств защиты и вычисляется как сумма рисков для активов:

$$R_s = \sum_{i=1}^n R_i.$$

Этап 7: выбор мер и средств защиты. Осуществляют, исходя из перечня угроз и значений рисков для отдельных информационных активов. Выбирают альтернативные варианты мер и средств защиты. Для каждого из выбранных вариантов выполняют расчёты на этапах 8–11.

Этап 8: определение затрат на защиту. Затраты на меры и средства защиты обозначаются как s_x . Затраты на защиту S_3 определяются по формуле

$$S_3 = \sum_{i=1}^n s_{\lambda i}.$$

Этап 9: определение вероятности реализации угроз после внедрения мер и средств защиты. Для каждого актива находится массив $p'_i[z]$ аналогично этапу 5.

Этап 10: расчёт величины остаточного риска. Значение риска для каждого i -го актива после внедрения мер и средств защиты вычисляется по формуле

$$R'_i = \sum_{z=1}^7 p'_i[z] \times q_i[z].$$

Суммарное значение риска после внедрения мер и средств защиты называется остаточным риском $R_{ост}$ и находится по формуле

$$R_{ост} = \sum_{i=1}^n R'_i.$$

Этап 11: Оценка эффективности мер и средств защиты. Коэффициент компенсации риска $k_{кр}$ показывает, какую часть риска удалось компенсировать благодаря использованию выбранных мер и средств защиты:

$$k_{кр} = \frac{R_s - R_{ост}}{R_s}.$$

Коэффициент экономической эффективности E служит критерием для оценки целесообразности использования выбранных мер и средств защиты:

$$E = \frac{R_s - R_{ост}}{S_3}. \quad (1)$$

Если $E > 1$, то данные меры и средства защиты целесообразно использовать, и напротив, если $E \leq 1$, то нецелесообразно.

Однако на основании значений данных показателей нельзя выбрать оптимальный набор мер и средств защиты. Поэтому предлагается использовать показатель затратоемкости информационных активов [22]

$$\omega = \frac{S_3 + R_{ост}}{S_{03}}. \quad (2)$$

Данный показатель определяет, какую часть от стоимости информационных активов составляют суммарные затраты, включающие в себя реальные затраты на защиту и ожидаемые затраты от реализации угроз безопасности информации, выраженные в виде остаточного риска. Наилучшим вариантом выбора защитных мер и средств из нескольких будет тот, при котором значение затратоемкости информационных активов наименьшее. Выражение (2) можно разложить на слагаемые и ввести следующие обозначения

$$\omega = \frac{S_3 + R_{ост}}{S_{03}} = \frac{S_3}{S_{03}} + \frac{R_{ост}}{S_{03}} = \varepsilon + k, \quad (3)$$

где ε – затратоемкость обеспечения безопасности информационных активов; k – рискоемкость информационных активов.

Выражения (2), (3) подходят для выбора средств защиты информации, а выражение (1) – для обоснования целесообразности их использования. Данный метод универсален, поскольку позволяет вычислять и сравнивать показатели экономической эффективности и затратоемкости информационных активов для разных средств защиты информации и объектов защиты. Его недостатком является сложность определения цены риска, и выводы, основанные на оценке неопределённости, как правило, актуальны не больше года.

В реальных случаях организации чаще всего идут от имеющегося негативного опыта, что и становится главной проблемой анализа информационных рисков. К сожалению, когда действие происходит раньше анализа, эффективность предпринятых мер также отдаётся на волю случая. Кроме того, поскольку при создании системы информационной безопасности неизменно решается вопрос о целесообразности затрат на предлагаемые контрмеры, процесс ее формирования тормозится до принятия руководством решений о целесообразности (или нецелесообразности) затрат на защиту информации. Избежать такой ситуации поможет стандартная процедура коммуникации риска, представленная на рис. 1 и разработанная на основе [18, 19].

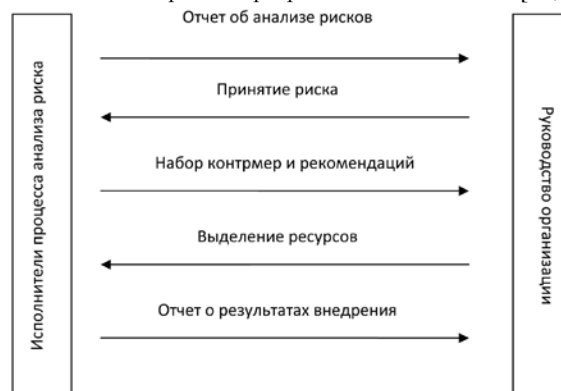


Рис. 1. Коммуникация риска

Как уже было сказано выше, риск – возможность ущерба, которая возникает как результат взаимодействия пары «угроза» и «уязвимость». Для каждой угрозы требуется оценить убытки, которые будут иметь место при ее реализации [18]. Постановка задачи анализа рисков в теоретических исследованиях, как правило, заключена в получении на основе статистических и вероятностных исследований математической модели информационных рисков для объекта исследования (например, актива или группы активов организации). Такая постановка задачи апробирована во многих задачах анализа информационных рисков. В качестве примера можно привести модели, полученные с использованием экспертных оценок и перечисленные в [20].

Основными этапами этой модели, применяемыми при количественной оценке информационных рисков, являются:

- первичный анализ рисков;
- планирование;
- внедрение мер защиты информации;
- мониторинг и тестирование уровня остаточного риска.

Естественно, приведенная модель не единственная (широко известна, например, модель Carnegie Mellon University [16]). Количественная оценка рисков позволяет четко рассчитать и аргументировать инвестиции в безопасность, но она крайне трудоемка.

Таким образом, анализ рисков в «чистом виде» является или слишком трудоемким, или не дает в дальнейшем эффективно этими рисками управлять. Поэтому на практике наибольшее распространение получили два упрощенных подхода к обоснованию проекта подсистемы обеспечения безопасности, не требующие расчета рисков для конкретного объекта.

Первый из них основан на проверке соответствия уровня защищенности объекта требованиям одного из стандартов в области информационной безопасности (ИБ). Это может быть класс защищенности в соответствии с требованиями руководящих документов Федеральная служба по техническому экспертному контролю (ФСТЭК) России, например, профиль защиты, разработанный в соответствии со стандартом ISO-15408, или какой-либо другой набор требований. Тогда показатель достижения цели в области безопасности – это выполнение заданного набора требований. Показатель эффективности – минимальные суммарные затраты на выполнение поставленных функциональных требований. Методика достаточно эффективная, ибо ясно, что ФСТЭК при разработке требований учитывал среднестатистические риски для каждого класса объектов. Основным недостатком данного подхода заключается в том, что в случае, когда требуемый уровень защищенности жестко не задан (например, через законодательные требования или хотя бы приказы ФСТЭК) определить «наиболее эффективный» уровень защищенности объекта достаточно сложно. Кроме того, «отнесение» конкретного объекта к определенному стандарту требует привлечения высококвалифицированных специалистов по ИБ.

Второй подход к построению системы обеспечения ИБ связан с оценкой и управлением рисками. Изначально он появился из условия принципа «разумной достаточности», примененного к сфере обеспечения ИБ. Этот принцип быть описан следующим образом:

- необходимо соблюдать баланс между затратами на защиту и получаемым эффектом, в том числе и экономическим, заключающимся в снижении потерь от нарушений безопасности;
- стоимость средств защиты не должна превышать стоимости защищаемой информации (или других ресурсов – аппаратных, программных);
- затраты нарушителя на несанкционированный доступ (НСД) к информации должны превышать тот эффект, который он получит, осуществив подобный доступ.

Если представить некоторую идеальную ситуацию, то идею такого подхода отображает приведенный график (рис. 2), позволяющий оптимизировать уровень защищенности объекта системой ИБ на основе сравнения показателей стоимости совокупных потенциальных потерь информации без использования системы ИБ и показателя стоимости реальных потерь при ее использовании.

По мере того, как затраты на защиту растут, размер ожидаемых потерь падает, и, если обе функции имеют вид, представленный на рис. 2, то можно определить минимум функции «Ожидаемые суммарные результаты», который и требуется.

К сожалению, на практике точные зависимости между затратами и уровнем защищенности определить далеко не всегда возможно, поэтому аналитический метод анализа рисков в представленном виде используется довольно редко.



Рис. 2. Соотношение уровня затрат на средства защиты и ожидаемого ущерба

ЛИТЕРАТУРА

1. Каторин Ю. Ф., Коротков В. В., Нырков А. П. Защищенность информации в каналах передачи данных в береговых сетях автоматизированной идентификационной системы // Журнал ун-та водных коммуникаций. – 2012. – № 1. – С. 98–102.
2. Нырков А. П., Викулин П. В. Безопасность информационных потоков в АСУДС // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2010. – № 4. – С. 78–82.
3. Нырков А. П., Соколов С. С., Белоусов А. С. Помехозащищенность как фактор обеспечения стабильной работы сети передачи данных на транспорте // Сб. науч. тр. Sworld. – 2013. – Т. 8. – № 1. – С. 5–9.
4. Долматов А. С. Математические методы риск-менеджмента: учеб. пособие. – М.: Экзамен, 2007. – 320 с.
5. Лобанов А. А., Чузунов М. В. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. – М.: Альпина, 2006. – 878 с.
6. Антохина Ю. А., Нырков А. П., Варжапетян А. Г. Риски образовательной деятельности в современных рыночных условиях // Экономика и управление. – 2012. – № 8. – с. 35–41.
7. Полово А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
8. Рябишин И. А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем. – Л.: Судостроение, 1971. – 456 с.
9. Нырков А. П., Нырков А. А. Модели, алгоритмы и программное обеспечение минимизации рисков мультимодальных перевозок // Вестник гос. ун-та морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова. – 2013. – № 1 (20). – С. 67–73.
10. Астахов А. М. Искусство управления информационными рисками. – М.: ДМК-Пресс, 2010. – 312 с.
11. Peltier T. L. Information security risk analysis. – 2 ed. – Auerbach Publications, 2005. – 361 p.
12. Tipton H. F., Krause M. Information security management handbook. – 6 ed. – Auerbach Publications, 2007. – 328 p.
13. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: сайт. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=129018> (дата обращения: 20.05.2010).
14. Jones A., Ashenden D. Risk management for computer security. – Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. – 297 p.
15. Малюк А. А., Пазизин С. В., Погожин Н. С. Введение в защиту информации в автоматизированных системах. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 148 с.
16. Петренко С. А., Симонов С. В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. – М.: Компания АйТи, ДМК-Пресс, 2004. – 384 с.
17. Международный стандарт ISO/IEC 27005:2008 – «Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности».
18. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799–2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. – М.: Стандартинформ, 2006 г. – 20 с.
19. Суханов А. Анализ информационных рисков в управлении информационной безопасностью [электронный ресурс] // Журнал ВУТЕ #11, 2008 // Безопасность: торговый каталог: сайт. – URL: <http://sec.bl.by/articles/detail177766>
20. Золотарев В. В., Данилова Е. А. Управление информационной безопасностью. Ч. 1. Анализ информационных рисков. – Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 136 с.
21. Васюхин О. В. Основы ценообразования. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 56 с.
22. Нурдинов Р. А., Батова Т. Н. Подходы и методы обоснования целесообразности выбора средств защиты информации // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-9131>. Дата обращения 13.05.2013. ■

В апреле 2015 г. в Балтийском море проводились ходовые испытания спасательного судна «Игорь Белоусов» проекта 21300. На этих испытаниях проверялся спроектированный АО «Морские навигационные системы» специально для установки на судах этого типа комплекс многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300. Основное назначение КМЛЭ – гидроакустический поиск донных объектов в мелководных и глубоководных (до 3000 м) районах Мирового океана.

В состав КМЛЭ входят:

- низкочастотный многолучевой эхолот (МЛЭ НЧ);
- высокочастотный многолучевой эхолот (МЛЭ ВЧ);
- интегральная инерциально-спутниковая система навигации (ИИССН);
- комплект вспомогательного оборудования (КВО);
- специальное программное обеспечение сбора, обработки и представления данных (СПО).

В табл.1 приведены основные технические характеристики эхолотов, входящих в состав КМЛЭ.

Таблица 1
Основные технические характеристики эхолотов, входящих в состав КМЛЭ

Характеристика	МЛЭ ВЧ	МЛЭ НЧ
Рабочая частота, кГц	200, 400	44
Диапазон измерения глубин, м	0,5–400 (при 200 кГц) 0,5–150 (при 400 кГц)	3–3000
Ширина луча (в прод. напр.), град.	2 (при 200 кГц) 1 (при 400 кГц)	1,5
Ширина луча (в попереч.напр.), град.	1 (при 200 кГц) 0,5 (при 400 кГц)	2,0
Макс. частота следования импульсов, Гц	50	50
Количество лучей	256 (при 200 кГц)	512 (в эквидистантном режиме)
	512 (при 400 кГц)	150 (в равноугольном режиме)
Максимальный угол обзора, град.	140 (в эквидистантном режиме) 165 (в равноугольном режиме)	До 150
Разрешение по изменению глубины, мм	6	120
Длительность импульса, мкс	30–300 (монохромный)	160–10000 (монохромный)
	300–20000 (ЛЧМ)	160–20000 (ЛЧМ)

Проверке в целом подвергалось выполнение следующих функций КМЛЭ:

- гидроакустический поиск многолучевыми эхолотами донных объектов;
- сбор и обработка данных поиска с привязкой ко времени и координатам;
- представление и документирование обработанной информации.

Перед началом испытаний на специально выбранном полигоне проводилась калибровка МЛЭ и системы инерциальной навигации и стабилизации (СИНС). Калибровка заключалась в автоматическом вычислении с использованием СПО поправок по установочным углам крена, дифферента и рыскания антенн МЛЭ относительно датчика динамических перемещений СИНС.

В качестве объекта калибровки МЛЭ было выбрано затопленное судно, лежащее на глубине около 45 м. Изображение судна по данным МЛЭ ВЧ приведено на рис. 1.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОМПЛЕКСА МНОГОЛУЧЕВЫХ ЭХОЛОТОВ КМЛЭ-21300

Н.А. Нестеров, д-р техн. наук, проф., руководитель проекта,
С.А. Груничев, руководитель проекта,
АО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840

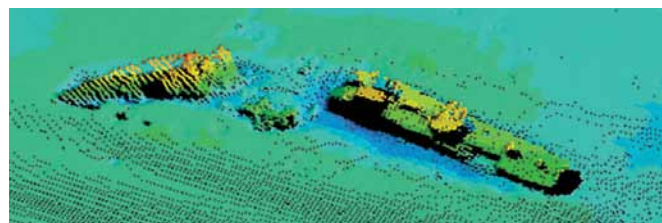


Рис. 1. Трехмерное изображение объекта

Процедуры калибровки прошли успешно, дополнительно подтвердив правильность установки оборудования КМЛЭ на судне и эффективность работы СПО.

В процессе решения основной задачи при проведении испытаний – гидроакустического поиска донных объектов – также определялся ряд тактических характеристик, а именно:

- время получения географических координат объекта с момента поступления данных КМЛЭ (установления акустического контакта с объектом поиска);
- погрешность определения географических координат обнаруженного объекта;
- оптимальная ширина полосы поиска;
- оптимальная и максимальная поисковые скорости.

Поиск объектов выполнялся в ходе серии параллельных галсов с перекрытием полосы обзора на 15–50%. Для определения максимальной поисковой скорости КМЛЭ для каждого МЛЭ проходы над объектами выполнялись на скоростях от 3 до 15 уз.

Непосредственно в качестве объектов были выбраны:

1) Объект поиска № 1 – неклассифицированное затопленное судно, которое одновременно служило для калибровки МЛЭ. Изображение объекта по данным МЛЭ ВЧ приведено на рис. 1–3.

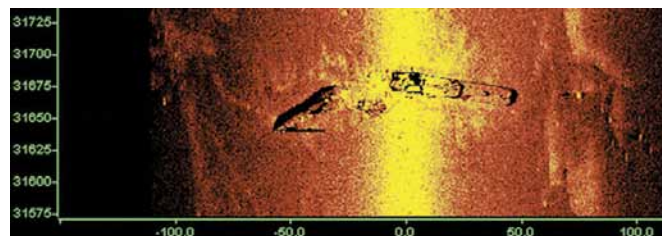


Рис. 2. Изображение объекта поиска № 1 в фрагментарном режиме («Snippets»)

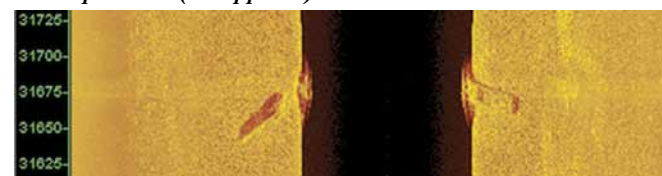


Рис. 3. Изображение объекта поиска № 1 в режиме бокового обзора («Side Scan»)

2) Объект поиска № 2 – подводная лодка С-4, лежащая на глубине 72 м с предполагаемыми координатами 55° 01,0' с.ш.

и 19° 40,0' в. д. Для поиска объекта с помощью электронной навигационной системы (ЭНИС) «Аляска-Ч» была спланирована система поисковых галсов направлениями 0° и 180° с перекрытием 50 м, при этом центральный галс был проложен над точкой с предполагаемыми координатами подлодки.

При поиске объект был обнаружен на 150 м северо-западнее предполагаемого места. Вероятно, причиной этому была невысокая точность представленных исходных данных. Это предположение подтверждается тем, что координаты центра объекта, полученные от обоих МЛЭ и рассчитанные СПО, совпадают. Гидроакустическое изображение объекта при проходе судна на скорости 6,5 уз полученное от МЛЭ ВЧ, представлено на рис. 4, 5, от МЛЭ НЧ на рис. 6–9.

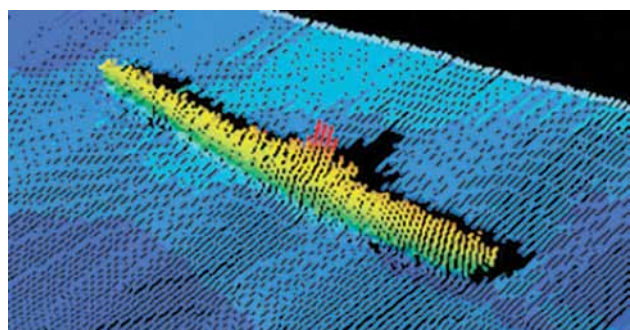
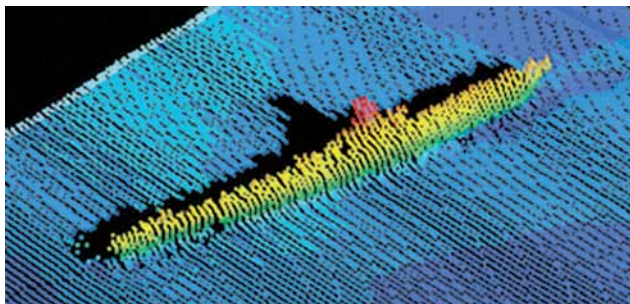


Рис. 4. Трехмерные изображения поиска № 2 с разных ракурсов

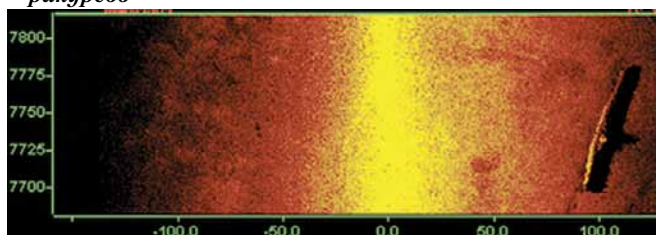


Рис. 5. Изображение объекта поиска № 2 в фрагментарном режиме («Snippets») (МЛЭ ВЧ)

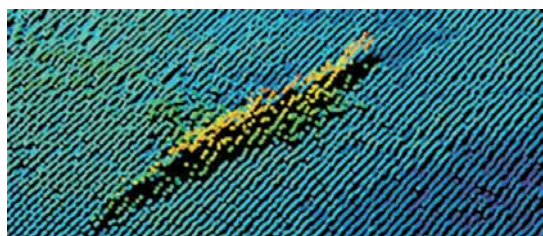
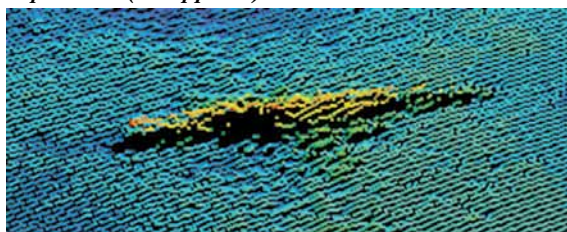


Рис. 6. Трехмерные изображения объекта поиска № 2 с разных ракурсов

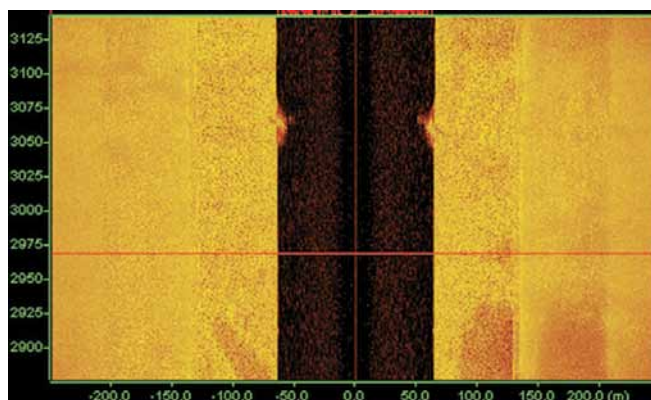


Рис. 7. Изображение объекта поиска № 2 в режиме бокового обзора («SideScan») (МЛЭ ВЧ)

Для определения максимальной поисковой скорости для каждого эхолота были выполнены проходы над объектом с максимальной скоростью судна 15,5 уз. Проверка показала, что в данных условиях даже на максимальной скорости объект поиска при использовании МЛЭ ВЧ различим. (см. рис. 8–10).

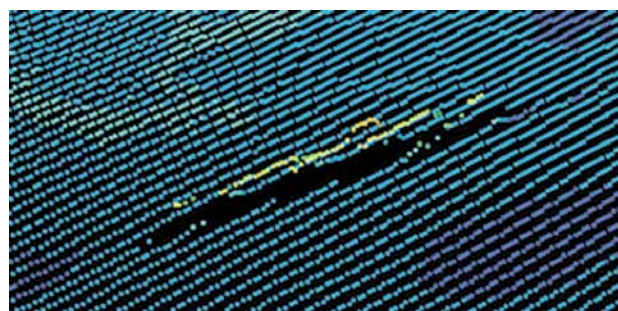


Рис. 8. Трехмерные изображения объекта поиска № 2 с разных ракурсов (МЛЭ ВЧ)

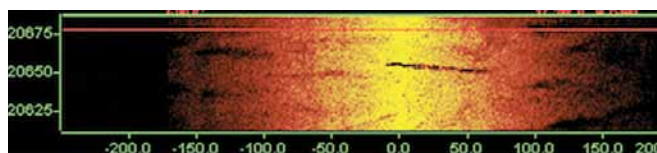


Рис. 9. Изображение объекта поиска № 2 в фрагментарном режиме («Snippets») (МЛЭ ВЧ)

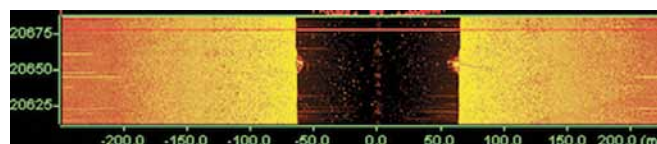


Рис. 10. Изображение объекта поиска № 2 в режиме бокового обзора («SideScan») (МЛЭ ВЧ)

При использовании МЛЭ НЧ на такой скорости изображение объекта становится трудноразличимым даже в условиях ровного рельефа и однородного грунта. По-видимому, при расчлененном рельефе дна идентифицировать объект будет сложно.

Плохое отображение объекта можно объяснить не только высокой скоростью обследования, но и не совсем подходящими условиями на полигоне для работы эхолота МЛЭ НЧ, имеющим рабочую частоту, оптимальную для больших глубин. Это в значительной мере подтверждает правильность построения КМЛЭ, включающем МЛЭ ВЧ и МЛЭ НЧ, и позволяющим вести эффективный поиск как на малых, так и на больших глубинах. Кроме того, проведенная в процессе испытаний проверка подтвердила отсутствие взаимного влияния при одновременной (совместной) работе МЛЭ ВЧ и МЛЭ НЧ, что несомненно является существенным достоинством комплекса.

Оптимальная ширина полосы обзора в районе объекта поиска составила:

- МЛЭ ВЧ – около 360 м;
- МЛЭ НЧ – около 330 м.

Значительный интерес представляют результаты проведенного в ходе испытаний поиска малоразмерного объекта. В качестве объекта поиска была выбрана плавучесть донного маяка-ответчика (МО), установленного на глубине около 100 м. Учитывая глубину постановки и её малый размер (диаметр – 365 мм), поиск производился МЛЭ ВЧ на частоте 400 кГц в уменьшенном секторе обзора 60° и в пределах ширины полосы поиска – 110 м. На рис. 11,12 приведено изображение плавучести МО, обнаруженной при движении судна со скоростью 1,7 уз.

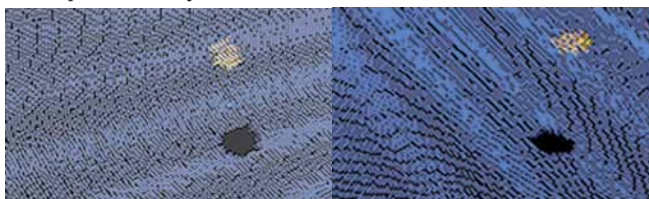


Рис. 11. Трёхмерные изображения МО с разных ракурсов

Поддержание работоспособного состояния кораблей и судов ВМФ (далее – кораблей), их составных частей и комплектующих изделий на всем жизненном цикле является приоритетной задачей органов военного управления флотов (ОВУ) и экипажей кораблей. Данная задача должна решаться комплексно всеми участниками системы технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ.

Так, в 2010 г. с целью упорядочения организации технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники Министерством обороны РФ (МО РФ) принята Концепция адаптации системы обслуживания и ремонта вооружения и военной техники к новому облику вооруженных сил РФ (приказ министра обороны РФ от 6 апреля 2010 г. № 320). Для реализации этой Концепции начиная с 2011 г. МО РФ перешло на заключение государственных контрактов с единственными исполнителями работ по сервисному обслуживанию и ремонту кораблей и судов (далее – СОиР).

Опыт проведения СОиР кораблей показал, что в составе корабельной технической документации нет организационно-технического документа, который позволяет судовладельцу корректно заявить состав работ по СО, а судоремонтному заводу (СРЗ) организовать подготовку производства к выполнению указанных работ с целью оптимизации затрат на проведение СОиР.

Для оптимизации процесса СОиР, по мнению ОАО «51 ЦКТИС», таким документом явилась типовая ведомость

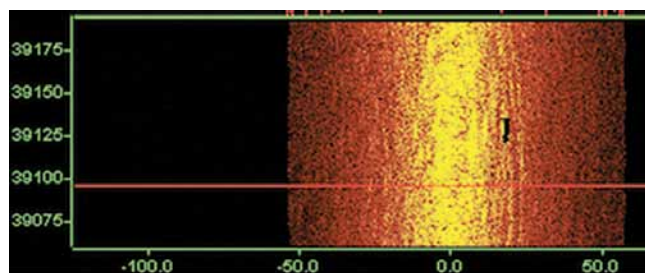


Рис. 12. Изображение МО в фрагментарном режиме «Snippets»

При увеличении скорости поиска отображение плавучести ухудшается. И при прохождении судна над местом постановки МО со скоростью 4,2 уз изображение плавучести МО уже плохо различимо даже на фоне ровного грунта.

Расхождение заданных и полученных при поиске координат составило около 10 м. Учитывая «хождение» плавучести на буйрепе, по-видимому, это достаточно хороший результат, позволяющий сделать заключение о высокой точности определения координат донных объектов.

На испытаниях было установлено, что время определения координат объектов с использованием СПО после получения акустического контакта не превышает 5 сек для обоих МЛЭ.

Испытания показали, что спроектированный АО «Морские навигационные системы» комплекс многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300 является эффективным средством поиска, позволяющим обнаруживать не только крупно-, но и мелко-размерные объекты на малых и средних глубинах (до 100 м) в широкой полосе обследования кратной не менее трем их значениям. Следует также отметить высокую точность и оперативность определения координат искомых объектов.

Проведенные испытания подтвердили высокую работоспособность и хорошие поисковые возможности комплекса.■

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ВМФ

О.А. Нестерец, гл. инженер,

Н.В. Рудаков, руководитель отдела, ОАО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 571 4547, 312 3140

сервисного обслуживания корабля (далее – ТВСО). В 2013 г. в соответствии с требованиями ВМФ ОАО «51 ЦКТИС» было разработано и утверждено начальником кораблестроения, вооружения и эксплуатации вооружения – заместителем Главкома ВМФ по вооружению «Положение о типовой ведомости сервисного обслуживания корабля» [3].

Данный документ в дальнейшем получил развитие в виде проекта военного стандарта судостроения. По состоянию на настоящий день ОАО «51 ЦКТИС» разработан и согласован с промышленностью военный стандарт судостроения «Корабли и суда ВМФ. Типовая ведомость сервисного обслуживания. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию», который планируется ввести в действие с 1 января 2016 г.

Справочно (проект ОСТ В5Р.0766-XXXX): типовая ведомость сервисного обслуживания корабля: организационно-технический документ, устанавливающий перечень работ по техническому обслуживанию составных частей и комплектующих изделий корабля

Перечень данных и работ

Исполнитель работ	Трудоёмкость ремонта (СО) на 1 ед. изд., и-ч	Заявлено в ремонт (СО), кол-во	Трудоёмкость работ по ремонту (СО) на заявленное кол-во, и-ч	Расход комплектующих, ЗИП и материалов							с НДС в тыс. руб.			Примечание	
				Наименование комплектующих, ЗИП и материалов	Обозначение (тип, марка, ГОСТ, сорт, чертёж, артикул)	Ед. измерения	Расход на 1 ед.	Предприятие-изготовитель комплектующего, ЗИП и материалов (сокращённое наименование)	НН (Номенклатурный номер ВМФ)	Потребность на заявленное количество в ед. измерения	Цена за ед. комплектующего, ЗИП и материала	Цена ремонта (СО) за ед.	Стоимость комплектующих, ЗИП и материалов		Всего
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

Продолжение формы Б.4

№ п/п	Данные по объекту ремонта (сервисного обслуживания)											Предприятие-изготовитель объекта ремонта (СО) (сокращённое написание)	Краткое описание дефекта изделия	Перечень работ, необходимых для устранения дефекта (выполнения ремонта, СО)	№ части и пунктов взаимосвязанных работ настоящей ТВСО
	Наименование объекта ремонта (СО) – составной части корабля	Наименование комплектующего изделия (судовое в системе, на корабле)	Марка, индекс, обозначение по ГОСТ, ТУ	Обозначение технического документа ГОСТ, ТУ, и т. п.	Наработка (час)	Год изготовления	Год ввода изделия в эксплуатацию	Код ОКПД изделия	НН (номенклатурный номер ВМФ) изделия	Заводской номер изделия	Судовой номер изделия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Система осушительная, общекорабельная	-	-	ТО и ИЭ 11540, 075-024 ТО				xx xxxx xxxx xxxx	xxxxxxxxx x			Завод строитель корабля			

Рис. 1. Форма типовой ведомости сервисного обслуживания корабля

с указанием периодичности видов технического обслуживания, трудоёмкости, состава и рекомендуемого исполнителя работ, а также с указанием необходимого количества запасных частей, материалов, специального инструмента и приспособлений.

Разработке указанных выше документов предшествовала долгая и кропотливая совместная работа ОАО «51 ЦКТИС» с Техническим управлением ВМФ по обмену опытом и определению содержательной части ТВСО.

С учетом требований главного командования ВМФ применение ТВСО позволит обеспечить планирование работ по СОиР и поставке ЗИП и материалов для всех видов ТО оборудования, установленного на корабле, а также учет и контроль работ по выполнению СОиР личным составом, ремонтными предприятиями флота и предприятиями промышленности.

Применение ТВСО позволит формировать ведомость работ по СОиР корабля в целом, заявку на поставку ЗИП и материалов, затраты предприятия (трудовые и материальные) на этапе подготовки производства, включать все виды ТО составных частей и комплектующих изделий корабля, проводимых с момента приемки и до вывода корабля из состава ВМФ (в соответствии с эксплуатационной (ЭД) и нормативной документацией МО РФ (ВМФ) и промышленности), все виды ТО (ежедневное, еженедельное, ежемесячное, квартальное, полугодовое, годовое и т. д., по наработке оборудования с периодичностью согласно ЭД).

С помощью ТВСО формируются текущий ремонт (если он предусмотрен в ЭД), трудоёмкость выполнения работ по СОиР, которая определяется разработчиком ТВСО (на основании нормативов времени на выполнение ТО, указанных в ЭД на системы и оборудование, действующих сборников типовых норм времени и ведомственных калькуляционных нормативов на судоремонтные работы, утвержденных МО РФ и ВМФ); нормы времени на типовые судоремонтные работы аналогов; нормы времени на судоремонтные работы предприятий промышленности (согласованные с ОВУ или специально разработанные на предприятии; укрупненные нормативы трудоёмкости выполняемых работ, введенные в действие установленным порядком). Трудоёмкость работ по СОиР, включенная в ТВСО, является ориентировочной и подлежит уточнению в ходе выполнения работ. Форма ТВСО представлена на рисунке выше.

В заключение можно отметить, что подход к формированию

единого документа, определяющего типовой состав работ по кораблю в целом не нов как для ВМФ, так и для других судовладельцев (Министерство Морского флота, Министерство речного флота, Министерство рыбного хозяйства и т. д.). Руководящими документами указанных ведомств было определено, что формирование заявочных ведомостей ремонтных работ и подготовка производства предприятий выполняется на основе применения типовой организационно-технической документации.

В настоящее время по заказу МО РФ ОАО «51 ЦКТИС» разработаны ТВСО для кораблей пр. 11540, 11661, 20380, 877, 956 (электромеханическое оборудование), в стадии разработки находятся ТВСО для кораблей пр. 677, 636, в 2016–2018 гг. планируется разработать ТВСО для кораблей пяти проектов.

Выводы

1. ТВСО – конструкторский документ, который позволит совершенствовать организацию проведения работ по сервисному обслуживанию кораблей. Применение указанного документа будет способствовать сокращению затрат на сервисное обслуживание кораблей и срока проведения ТО и обеспечит подготовку производства предприятий.

2. Статус документа определен военным стандартом судостроения «Корабли и суда ВМФ. Типовая ведомость сервисного обслуживания. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию» [3].

3. ТВСО, исходя из заложенной в документе информации, может быть использована как составная часть регламента ТО корабля.

4. В перспективе целесообразно включить ТВСО в состав интерактивной эксплуатационной документации, поставляемой с кораблем, что позволит автоматизировать как процесс планирования работ, так и расчет ориентировочных затрат на выполнение СОиР.

Литература

1. ГОСТ РВ 1905–001 «Корабли и суда ВМФ. Судовые эксплуатационные документы. Типовая номенклатура документов для боевых надводных кораблей».
2. ГОСТ РВ 1925–001 «Корабли и суда ВМФ. Судовые эксплуатационные документы. Типовая номенклатура документов для судов обеспечения».
3. «Положение о типовой ведомости сервисного обслуживания корабля».

Одной из задач «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г.» является создание конкурентных преимуществ России на мировом рынке высоких технологий и формирование научно-технического потенциала России, адекватного современным тенденциям мирового технологического развития [1].

В настоящее время весьма актуален вопрос оценки результатов выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в области разработок отечественной продукции машиностроения и приборостроения, развития морской техники (заседание Морской коллегии при Правительстве РФ от 2 июля с.г.*). В связи с этим возникает необходимость предварительной оценки технического уровня и реализуемости проводимых и планируемых разработок морской техники, в основу которых должна быть положена оценка уровня развития средств и технологий отечественной продукции на основе анализа патентной информации.

Как показывает практика проведения НИОКР, для обеспечения высокого научно-технического уровня разработок чрезвычайно важным является использование патентной информации, выполнение основанных на патентной информации исследований технического уровня и конкурентоспособности создаваемой научно-технической продукции. Вопросы развития и стимулирования патентной деятельности находятся под постоянным вниманием и контролем государственных органов [2].

Патентные исследования по своему содержанию и характеру относятся к прикладным научно-исследовательским работам и являются неотъемлемой составной частью обоснования принимаемых хозяйствующими субъектами решений народно-хозяйственных задач, связанных с созданием, производством, реализацией, совершенствованием, использованием, ремонтом и снятием с производства объектов хозяйственной деятельности, в частности, научно-технической продукции (ГОСТ Р 15.011–96, п. 4.1) [3].

В условиях рыночной экономики общая направленность патентных исследований изменяется. Они ориентируются на анализ рынка продукции, являющейся объектом патентных исследований, с целью обеспечения конкурентоспособности этой продукции. Под патентными исследованиями понимаются информационно-аналитические исследования, проводимые в процессе создания, освоения и реализации промышленной продукции с целью обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности этой продукции, а также сокращения затрат на создание продукции за счет исключения дублирования исследований и разработок [4].

*<http://government.runews/18712/>

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.Ф. Зеньков, ген. директор,

П.Г. Бродский, д-р воен. наук, проф., начальник ЦИИ,

В.П. Леньков, канд. техн. наук, начальник подразделения, ОАО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 322 6643

Патентные исследования начинаются с патентного поиска. Как показывает опыт, поиск и анализ отобранных материалов целесообразно проводить в два этапа.

На *первом этапе* выполняется сплошной тематический поиск по официальным патентным бюллетеням выбранных стран поиска, по изданиям ФИПС, а также с использованием межотраслевых и отраслевых информационных систем. На этом этапе проводится статистический анализ отобранных материалов с целью выявления зарубежных фирм и отечественных организаций, занимающих ведущее положение в разработке рассматриваемых объектов техники и их составных частей.

На *втором этапе* анализу подвергаются полные описания отобранных изобретений. Основываясь на этом анализе, определяют те конструктивные (технологические) решения, технические результаты, которые представляют интерес для их использования при разработке, направленной на улучшение исследуемого технико-экономического показателя.

Поскольку каждое из направлений характеризуется улучшением какого-либо технико-экономического показателя объекта, целесообразно ранжировать эти показатели по степени их значения для оценки технического уровня объекта.

Представляется актуальным рассмотреть современные подходы к обеспечению высокого научно-технического уровня разработок в области развития средств и технологий отечественной продукции, к которым предъявляются требования соответствия их мировым тенденциям развития, новизны, технико-экономической эффективности и конкурентоспособности. Только при выполнении этих требований можно рассчитывать на успешное достижение конкретных целей и задач развития технических средств и технологий навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) мореплавания, на устойчивое коммерческое положение предприятий навигационного приборостроения, включая ОАО «ГНИНГИ», на рынке научно-технической продукции.

Как известно, патентные исследования проводятся на основе анализа источни-

ков патентной информации с привлечением других видов научно-технической и рекламно-экономической информации, содержащих сведения о последних научно-технических достижениях, связанных с разработкой промышленной продукции, сведения о состоянии и перспективах развития рынка продукции данного вида. Патентные исследования позволяют определить патентоспособность объектов промышленной собственности (ОПС), создаваемых в процессе разработки новой продукции, и решить вопрос о целесообразности патентования их в одной или нескольких странах. Соответствие технико-экономических показателей продукции, в которой реализованы перспективные тенденции развития, мировому уровню или его превышение позволяет грамотно решить вопрос о практическом внедрении такой продукции в производство.

Оценка технического уровня предлагаемой к разработке продукции проводится на основе анализа объекта разработки в процессе его создания, производства и коммерческой реализации.

При этом проблема оценки технического уровня разрабатываемой продукции приобретает особую остроту при отборе наиболее эффективных научно-технических результатов, в том числе изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, когда необходимо оценить последствия использования разработанного или заимствованного объекта техники для технического уровня разрабатываемой продукции. Оценка технического уровня влияет на установление продажной цены на основанную в производстве или намечаемую к коммерческой реализации продукцию. Понятие технического уровня объекта включает в себя сопоставление его технико-экономических показателей с показателями соответствующей базы сравнения (базовым образцом).

В целях апробации современных подходов к обеспечению высокого научно-технического уровня разрабатываемой продукции специалистами нашего института предложены технико-технологические решения в области создания перспективных и модернизации существующих средств

и технологий НГО мореплавания в соответствии с методикой, разработанной на основе Методических рекомендаций по проведению патентных исследований в ОАО «РЖД» [5].

При проведении патентных исследований целесообразно использовать метод оценки уровня развития реальных объектов техники в сравнении с перспективными. Он включает следующие операции (процедуры) [4–7]:

- определение номенклатуры технико-экономических показателей, определяющих потребительские свойства продукции;
- формирование группы аналогов и установление значений их технико-экономических показателей;
- определение тенденций развития, zaloженных в аналогах;
- выделение базовых образцов из группы аналогов, содержащих наилучшие технико-экономические показатели и перспективные тенденции;
- сопоставление технико-экономических показателей объекта разработки с аналогичными показателями базовых образцов (определение технического уровня);
- подготовка заключения о результатах анализа.

Несмотря на то, что оценка технического уровня результатов научно-технической деятельности и объектов техники должна базироваться на общих, единых, принципах, следует принимать во внимание и принципиальные различия между результатами научно-технической деятельности и реально существующими объектами техники. Так, для большинства результатов научно-технической деятельности характерна качественная, а не количественная форма определения преимуществ. Результат научно-технической деятельности, как правило, имеет вид нематериального объекта, раскрытого часто на уровне общего технического замысла. Все это затрудняет сопоставление конкретных технических показателей.

В связи с этим при проведении исследований следует руководствоваться следующими рекомендациями.

Для оценки технического уровня объектов НИОКР на этапах формирования плана исследования, разработки и утверждения технического задания ГОСТ Р 15.011–96 предусматривает, в первую очередь, анализ тенденций развития данного вида объектов или вида техники. Оценка технического уровня объекта устанавливается на основании его принадлежности к тому или иному направлению развития исследуемой области техники. Именно принадлежность разработки к наиболее перспективным направлениям развития техники свидетельствует о ее высоком техническом уровне.

Основным этапом проведения исследований тенденций развития объектов техники является выявление перспек-

тивности направлений, целей изобретений, входящих в массив информации технических, конструктивных и технологических решений в исследуемой области техники. В качестве целей при этом должны быть использованы конкретные направления совершенствования различных характеристик (технический результат) объектов техники.

В качестве примера использования рекомендаций по оценке научно-технического уровня разработок технических средств и технологий приведем результаты патентного поиска в области развития средств НГО в части съемки рельефа дна гидроакустическими средствами за последние 10 лет по патентной базе РФ.

Данные патентного поиска для определения перспективных направлений представим в виде таблицы.

Рассмотрение и анализ приведенных технических решений позволили наглядно выявить тенденции развития и совершенствования технических средств и технологий съемки рельефа дна акватории. В данном случае это переход к широкому использованию многолучевых эхолотов, гидролокаторов бокового обзора.

Если на ранней стадии (до 2012 г.) совершенствование средств и методов съемки рельефа дна в основном было направлено на повышение точности и достоверности измерений, то в настоящее время отмечается устойчивая тенденция к расширению функциональных возможностей технических средств съемки рельефа дна, выдачи конечной продукции – непосредственно картографических материалов.

Таким образом, исследование и анализ тенденций развития техники, полученных на основе патентной информации с использованием настоящего подхода, позволяют оценить изменения потребностей рынка в создаваемой продукции, научно-технический уровень объектов техники, выявить альтернативные научно-технические направления.

Окончательные выводы о научно-техническом уровне объектов техники, направлениях развития технических средств должны представлять обоснованные данные о тенденциях развития отдельных направлений техники, о наличии принципиально новых, перспективных направлений и об уровне их развития в исследуемой области техники. Меры по определению и обеспечению уровня развития технологий и технических средств отечественной промышленности должны осуществляться как на стадии научно-исследовательских, опытно-конструкторских (включая технические предложения, эскизный и технический проекты), проектно-конструкторских, проектных, изыскательских и технологических работ, так и в процессе разработки продукции, а также постановки ее на производство.

Определяющей процедурой оценки научно-технического уровня развития объектов техники является сопоставление оцениваемого объекта с выбранными отечественными и зарубежными аналогами (базовыми образцами) [5].

Сопоставление объекта разработки с базовыми образцами осуществляют на основе дифференциального метода путем расчета относительных технико-экономических показателей, которые вычисляют по формулам

$$q_i = P_i / P_{i0}; \quad (1)$$

$$q_i = P_{i0} / P_i, \quad (2)$$

где P_i – значение показателя объекта разработки; P_{i0} – значение показателя базового образца

Та или иная формула используется в зависимости от влияния показателя на технический уровень развития объекта разработки. Если с ростом абсолютной величины показателя уровень развития техники повышается, то используется формула (1), если рост абсолютной величины показателя вызывает снижение уровня развития техники, то – формула (2).

Если все значения $q \geq 1$, то уровень развития объекта разработки соответствует или превышает уровень базового образца сравнения, что позволяет сделать вывод о соответствии или превышении современного (мирового при наличии зарубежных аналогов) уровня.

Если все значения $q < 1$, то уровень техники объекта разработки ниже уровня базового образца сравнения, то есть ниже современного (мирового) уровня.

Исследуемый объект разработки может быть лучше базового образца по одному или нескольким технико-экономическим показателям и в то же время хуже по остальным.

В этом случае используют метод расчета обобщенного показателя уровня развития техники K_y по формуле

$$K_y = \sum K_i x q_i, \quad (3)$$

где q_i – относительный технико-экономический показатель i -го показателя; K_i – коэффициент весомости i -го технико-экономического показателя, определяемый предварительным ранжированием показателей по 10-балльной шкале методом экспертной оценки.

Если расчетное значение обобщенного показателя уровня развития техники равно или больше единицы, то уровень развития техники объекта соответствует или превышает современный (мировой) уровень. Если расчетное значение обобщенного показателя уровня развития техники меньше единицы, то уровень развития техники объекта разработки уступает современному (мировому) уровню.

Настоящие рекомендации по оценке научно-технического уровня разработок технических средств сформулированы на основе ГОСТ Р 15.011–96 и методических материалов по проведению исследу-

Технические решения (патенты)	Основной отличительный признак	Технический результат изобретения		
		Повышение достоверности съемки рельефа дна акватории	Повышение точности измерения	Расширение функциональных возможностей
Эхолот. Патент № 2241242RU 27.11.2004	Автоматическая регулировка усиления сигнала		+	
Способ определения глубины эхолокацией Патент № 2266551RU 20.12.200	Учет элементов вращения судна		+	
Способ определения глубин акватории и устройство для его осуществления. Патент № 2272303RU 20.03.2008	Разноглубинное накопление информации	+		
Способ восстановления формы рельефа морского дна при дискретных измерениях и устройство для его осуществления. Патент № 2326408RU 10.06.2008	Учет скорости распространения звука в воде	+	+	
Генератор зондирующих сигналов Патент № 2362184RU 20.07.2009	Введение дополнительных блоков и связей: триггера и компаратора.	+		
Способ съемки рельефа дна и устройство для его осуществления Патент № 2340916RU 10.12.2008	Исключение погрешностей определения скорости распространения звука в воде.	+	+	
Способ восстановления рельефа морского дна при измерениях глубин посредством гидроакустических средств и устройство для его осуществления Патент № 2429507RU 20.09.2011	Определение скорости распространения звука в воде. Применение разнородных гидроакустических средств	+	+	
Способ измерения глубин и эхолот для его осуществления Патент № 2431154RU 10.10.2011	Наличие 2-х приемных антенн, управление частотой опорного генератора.		+	
Способ съемки рельефа дна акватории и устройство для его осуществления Патент № 2434246RU 20.11.2011	Дополнительное гидролокационное зондирование дна акватории	+		
Способ съемки рельефа дна акватории и устройство для его осуществления Патент № 2439614RU 10.01.2012	Определение скорости распространения звука в воде	+	+	
Устройство для определения поправок к глубинам, измеренным эхолотом при съемке рельефа дна акватории. Патент № 2461021RU 10.09.2012	Применение многолучевого эхолота. Учет скорости распространения звука в воде	+	+	
Гидроакустическая система для визуализации подводного пространства Патент № 2461845RU 20.09.2012	Применение многолучевого эхолота	+	+	
Способ восстановления рельефа морского дна при измерении глубин посредством гидроакустических средств Патент № 2466426RU 10.11.2012	Применение многолучевого эхолота, магнитометра			+
Способ съемки рельефа дна акватории и устройство для съемки рельефа дна Патент № 2519269RU 10.06.2014	Применение многолучевого эхолота. Одновременное выполнение магнитной съемки, сейсмического профилирования. Картирование информации	+		+
Способ определения глубин в реальном масштабе времени при обследовании рельефа дна гидролокатором бокового обзора Патент № 2521127RU 27.06.2014	Применение гидролокатора бокового обзора	+		+
Эхолот Патент № 2523101RU 20.07.2014	Привязка результатов измерения глубин к географическим координатам	+		+
Устройство для определения поправок к глубинам измеренным эхолотом при съемке рельефа дна акватории Патент № 2529626 RU 27.09.2014	Использование лазерного тарирующего устройства	+		+

дований на базе патентной информации, среди которых следует выделить в первую очередь работы [6–7].

В рекомендациях изложены основные подходы к проведению патентных исследований, в том числе по определению тенденций и перспектив развития выбранных направлений разработок, определению технического уровня создаваемой продукции и отбору наиболее конкурентоспособных результатов интеллектуальной деятельности.

Таким образом, рассмотренные подходы и рекомендации позволяют в ходе патентных исследований проводить оценку уровня развития создаваемой научно-технической продукции, в том чис-

ле средств и технологий НГО мореплавания, на основе патентной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. № 2205-р).
2. Решение Правительственной комиссии по противодействию нарушениям в сфере интеллектуальной собственности, ее правовой охране и использованию от 19 апр. 2007 г. // Российская газета. – 2007. – 20 апр.
3. ГОСТ Р 15.011–96. Государственный стандарт Российской Федерации «Система разработки и постановки продукции на произ-

водство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения».

4. Скорняков Э.П., Омарова Т.Б., Чельшева О.В. Методические рекомендации по проведению патентных исследований – М.: ИНИЦ Роспатента, 2001. – 196 с.
5. Методические рекомендации по проведению патентных исследований в ОАО «РЖД» (утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 25 марта 2009 г. № 616р).
6. Кондрашкина Г.В. Патентные исследования с целью определения уровня техники по ГОСТ Р 15.011–96. – Инновационный портал УрФО. Инновационная инфраструктура. – 4 с.
7. Орлова Н.С. Рекомендации по исследованию уровня и тенденций развития техники на основе патентной информации. – М.: ВНИИПИ. – 1988. – 85 с. ■

Новая разработка ООО «Дайвтехносервис»

Комплект глубоководных пеналов КГП - 300

Оказание помощи экипажу аварийной подводной лодки (ПЛ), лежащей на грунте, до начала основной фазы спасательной операции - вывода подводников из затонувшей ПЛ - представляет собой совершенно особую область спасательных работ. Подобные спасательные операции проводятся, в первую очередь, для поддержания жизнедеятельности экипажа аварийной ПЛ.

Учитывая актуальность задачи, предприятием «Дайвтехносервис» создан уникальный мобильный комплекс КГП - 300, не имеющий на сегодняшний день аналогов среди подобного спасательного оборудования, позволяющий доставить его к месту аварии автомобильным, железнодорожным, морским и авиационным транспортом и немедленно начать спасательные работы по передаче средств поддержания жизнедеятельности (пищи, воды, медикаментов), а также спасательного снаряжения личному составу аварийной подводной лодки на глубины до 300 м. Конструктивной особенностью КГП - 300 является размещение всех узлов и агрегатов системы в 10-ти футовом контейнере. На составные части КГП - 300, грузоподъемное устройство и жесткие герметичные пеналы, получены патенты.



Основные технические характеристики КГП - 300

Предельная глубина использования, м	300
Грузоподъемность ГПУ, кг	1 000
Масса комплекта, кг	6 500
Электропитание - переменный ток, В/Гц	3 x 380 / 50
Максимальная потребляемая мощность, кВт	20
Кассета на 6 пеналов в составе:	
- герметичные жесткие пеналы, шт.	6
- мешки дробы для внутреннего балластирования (1 кг), шт.	90
Герметичные жесткие пеналы:	
- длина, не более, мм	920
- диаметр наружный, не более, мм	460
- масса пустого пенала без балласта на воздухе, не более, кг	110
- полезный вес имущества, загружаемого в каждый пенал, кг	35
Работоспособность по назначению обеспечивается в районах с умеренно холодным климатом в интервале температур наружного воздуха от -30° С до +40° С.	



199155, г. Санкт-Петербург, ул. Железноводская, д.18, корп. 2, лит. А
 тел. +7 (812) 350-95-44, 498-88-99, факс +7 (812) 350-07-86
 e-mail: office@diveservice.ru
 www.diveservice.ru

12 августа 2015 г. исполняется 15 лет со дня гибели атомной подводной лодки (АПЛ) «Курск». Эта катастрофа выявила целый ряд проблем в поисково-спасательном обеспечении (ПСО) не только ВМФ России, но и всей страны [1, 2], в том числе:

- несовершенство организации системы поиска и спасания;
- несоответствие современным требованиям ряда руководящих документов системы ПСО;
- отсутствие достаточного количества современных образцов поисково-спасательной и водолазной техники;
- недостаточный уровень обеспечения спасательной подготовки экипажей кораблей;
- несовершенство комплекса спасательных средств подводных лодок;
- несовершенство системы взаимодействия при подобных авариях с аварийно-спасательными службами других стран и другие.

Актуальность решения этих проблем обусловлена в первую очередь тем, что наиболее сложной и приоритетной задачей, стоящей перед системой ПСО ВМФ, всегда было, есть и будет спасание экипажа аварийной подводной лодки (ПЛ).

За прошедшие 15 лет руководством ВМФ, специалистами флотов, институтов и промышленности предприняты определенные меры по совершенствованию сил и средств, предназначенных для спасания экипажей ПЛ, в том числе:

- построено и проходит испытания спасательное судно пр. 21300 «Игорь Белоусов» с новым спасательным глубоководным аппаратом и глубоководным водолазным комплексом;
- переработан и утвержден ряд руководящих документов, регламентирующих вопросы спасания экипажей аварийных ПЛ;
- проведены учения по совершенствованию организации спасания аварийной ПЛ;
- создан целый типоряд водолазных комплексов различного назначения;
- конструкторские бюро – проектанты ПЛ проработали и внедрили на некоторых ПЛ более совершенные системы шлюзования подводников и ряд других работ.

Существенным шагом вперед в доле развития система ПСО ВМФ является «Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ на период до 2025 года», одобренная Морской коллегией при Правительстве РФ 26.9.2013 г. и утвержденная министром обороны РФ 14 февраля 2014 г. [3], в которой значительное место уделено развитию сил и средств спасания экипажей аварийных ПЛ.

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СПАСАНИЯ ЭКИПАЖЕЙ АВАРИЙНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК К 15-Й ГОДОВЩИНЕ ГИБЕЛИ АПЛ «КУРСК»

В.Н. Илюхин, *д-р. техн. наук, проф., председатель Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий, контакт. тел. (812) 927 8501*

Вместе с тем надо признать, что, несмотря на проведенную работу, имеют место и нерешенные до сих пор вопросы, такие как отсутствие на большинстве судов-носителей спасательных глубоководных аппаратов, средств проведения декомпрессии экипажа аварийной ПЛ, несовершенство некоторых элементов спасательных комплексов ПЛ, принятие на снабжение нового спасательного снаряжения подводника ССП-М и др.

Следует отметить, что «Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения военно-морского флота на период до 2025 года» предписывает на первом этапе ее реализации в 2013–2015 гг. основные усилия сосредоточить на модернизации и ремонте существующих спасательных судов с целью продления их сроков службы и оснащению их современными средствами проведения подводных работ и оказания помощи аварийным объектам в море с минимальным ущербом для окружающей среды.

Анализ проведения фактических поисково-спасательных действий по спасению в последние годы также выявил:

- несовершенство существующей организации поисково-спасательных действий и в первую очередь информационной поддержки процесса оценки обстановки, формирования замысла и принятия решений руководством поисково-спасательными действиями;
- нарушение принципов системного подхода как при сокращении сил и средств ПСО ВМФ на флотах, так и при их создании, приведшее к снижению уровня решаемых задач [4].

Поэтому в современных условиях необходимо дальнейшее совершенствование существующей организации технического и компьютерного (включая информационные технологии) обеспечения системы ПСО ВМФ. Это тем более актуально, что каждая серьезная авария потенциально создает опасность экологической катастрофы.

Анализ поисково-спасательных операций показывает, что во многих случаях заново и по существу спонтанно создается структура управления поисково-спасательными действиями. Управляющее звено не получает необхо-

димой своевременной информационной поддержки для оценки обстановки, подготовки и принятия решений вследствие недостаточности баз данных и знаний, отсутствия системы комбинированного имитационного моделирования динамики развития аварии и борьбы за живучесть, адекватной оценки состояния аварийного корабля и его экипажа. В итоге во многих случаях аварии перерастали в катастрофы, несмотря на героические усилия личного состава. Ряд характерных ситуаций, прежде всего по информационной поддержке оценки обстановки и выработке решений, сопутствовал поисково-спасательной операции на АПЛ «Курск». Авария спасательного аппарата АС-28 в 2005 г. на Камчатке показала необходимость информационной поддержки спасательных операций на международном уровне.

Многократное повторение однотипных ситуаций свидетельствует о том, что анализ причин гибели кораблей во всех случаях был неполон, а принимавшиеся меры по совершенствованию организации и обеспечения спасения ПЛ и НК – недостаточно эффективны.

Длительность функционирования ВМФ в таких условиях объективно увеличивает потенциальную возможность возникновения аварий и перерастания их в катастрофы в мирное и тем более в военное время.

Именно поэтому одним из основных направлений развития системы ПСО ВМФ, предусмотренной в Концепции [3], является оснащение пунктов управления ПСО ВМФ всех уровней автоматизированной системой управления ПСО, имеющей в своем составе: информационные базы данных по спасательным силам и средствам, потенциальным аварийным объектам, планам ликвидации аварий; комплексы прикладных программ позволяющих отображать, анализировать и прогнозировать обстановку на аварийном объекте, вырабатывать рекомендации по проведению поисковых и аварийно-спасательных работ, обеспечивать взаимный обмен информацией между командными пунктами всех уровней.

Следовательно, актуальность для ВМФ задач ПСО ПЛ в повседневной де-

тельности, а тем более в военное время, объективно резко возрастает и требует соответствующего замысла и организационно-технических решений.

Разработка подобного замысла – весьма сложная научно-методологическая проблема. Такой замысел должен предусматривать поэтапное решение проблемы создания системы спасения с обеспечением существенного повышения эффективности поисково-спасательных действий уже на первых этапах реализации разрабатываемых предложений.

Полноценная информационная поддержка освещения и оценки обстановки, подготовки и принятия решений должна предусматривать [5]:

1. Экспресс-анализ поступающей информации о возможном местонахождении аварийной ПЛ, характере, причинах и динамике аварийной ситуации.

2. Имитационное моделирование вероятного развития процесса поражения и действий экипажа по его ликвидации.

3. Текущую оценку состояния ПЛ, прогноз развития событий, обоснование рекомендаций по оказанию информационной и технической помощи аварийной ПЛ, привлечению дополнительных сил и средств.

4. Систему комбинированного исследовательского имитационного моделирования (СКИИМ), поисково-спасательных действий, включающую:

– создание базы знаний и данных по кораблям и их подсистемам (для ПЛ основных проектов);

по специальным техническим и информационным подсистемам силам и средствам ПСО ВМФ, корабельным техническим системам (ТС), по степени их технической готовности и подготовленности специалистов;

по техническим данным, состоянию спасателей и специальных подсистем на носителях, находящихся во владении государственных и частных предприятий РФ в операционных зонах флотов, а также организации связи с ними.

по средствам и спасательным службам сопредельных государств;

по организации связи с федеральными органами исполнительной власти и с организациями – владельцами специальных судов, плавучих и технических средств, наличии и содержании соглашений о взаимодействии по фактическому оказанию помощи аварийным ПЛ и при необходимости по отработке взаимодействия на различных видах учений.

5. Создание автоматизированной системы имитационного моделирования развития поражения и борьбы за живучесть в типовых ситуациях, текущей оценки состояния корабля и разработка критериев для такой оценки;

6. Разработку технического задания

и научно-техническое обоснование создания действующей модели и, впоследствии, самой СКИИМ, обеспечивающей выработку рекомендаций по качественному повышению сбалансированности состава, характеристик технических средств и эффективности управления проведением спасательных действий.

7. Организацию комплексного имитационного моделирования с целью:

а) отработки тактики проведения и взаимодействия участников при выполнении задач поиска, спасения и подъема затонувших аварийных ПЛ с участием собственных (ВМФ) и привлекаемых сил и средств;

б) проверки сбалансированности технических показателей разрабатываемых специальных средств и их носителей в составе системы спасения экипажа аварийной ПЛ;

в) обоснования рекомендаций по своевременной корректуре проектно-конструкторских решений на всех этапах прогнозных исследований и создания новой техники для обеспечиваемой подсистемы – ПСО ВМФ.

Организационно-технические (далее – технологические) проекты спасения в каждом конкретном случае наряду с индивидуальными особенностями, определяемыми спецификой аварии (боевого повреждения) и ее последствий, состоянием экипажа корабля, географическими и гидрометеорологическими особенностями района поисково-спасательных действий и др., имеют много общих существенных черт, позволяющих выполнить постановку и формализацию задачи повышения их эффективности с использованием аппарата теории оптимизации.

Процесс выработки замысла (проекта решения), т. е. обоснования наиболее целесообразного в конкретных условиях способа спасения аварийной ПЛ, можно рассматривать как задачу оптимального проектирования технологии спасения аварийного корабля. В формализованном виде ее можно представить как задачу поиска точки оптимума некоторой нелинейной векторной функции $F(\vec{x})$ в допустимой области S , границы которой заданы с помощью нелинейных ограничений $Q_j(x_1, \dots, x_n) \leq 0$.

Формализация задачи оптимизации технологического проекта спасения аварийной ПЛ состоит в математическом описании основных элементов процесса, выделении управляемых и неконтролируемых параметров, связей и ограничений, налагаемых на их значения, а также в обосновании и формальном представлении критерия (или критериев) для оценки сравниваемых вариантов.

Особенности действий по поиску и спасению аварийных подводных лодок. К наиболее характерным существ-

ственным особенностям действий по спасению аварийных ПЛ следует отнести:

а) нерегулярность фактических событий – спасания ПЛ (случайность нахождения отрезка – периода проведения поиска и спасения ПЛ на оси времени);

б) быстрое развитие поражения (аварийных ситуаций) в силу как объективных причин (интенсивное повышение энерговооруженности от поколения к поколению ПЛ, насыщенности боевыми и техническими средствами, взрывопожароопасными веществами, возрастание сложности вооружения и военной техники при снижении уровня профессиональной подготовленности экипажа и т. д.), так и субъективных;

в) наличие характерных технологических этапов выполнения операции по поиску и спасению аварийной ПЛ:

– получение первой информации об аварии;

– создание оперативного органа управления спасательными действиями и организация дополнительной информационной поддержки;

– поиск ПЛ, установление и поддержание связи с экипажем;

– первичное визуальное и техническое обследование аварийной ПЛ с помощью специальных технических средств;

– оказание помощи экипажу по поддержанию его жизнедеятельности в борьбе за живучесть (БЗЖ) технических подсистем и корабля в целом;

– спасение экипажа с аварийной ПЛ, находящейся в надводном положении в случае неотвратимости гибели;

– дополнительное обследование затонувшей ПЛ;

– принятие решения и планирование действий по обеспечению всплытия/подъема аварийной ПЛ вместе с экипажем, поддержания ее на плаву, перехода в базу;

– спасение экипажа с аварийной ПЛ, лежащей на грунте;

– детальное обследование затонувшей ПЛ и формирование базы данных (БД) и базы знаний (БЗ), необходимых для разработки проекта (плана) подъема затонувшей ПЛ или отдельных ее частей, обеспечения экологической безопасности района;

– разработка проекта (плана), подготовка всех видов обеспечения подъема затонувшей ПЛ (ее частей) и транспортировки в район с меньшими глубинами с последующим окончательным подъемом и доставкой в конечный пункт базирования;

– выполнение судоподъемных работ;

– охрана и оборона района в течение всего периода поисково-спасательных действий и судоподъема;

г) создание в том или ином составе группы (штаба) информационной поддержки с нечетко выраженными орга-

низационной структурой, составом, взаимодействием на разных уровнях (наибольшая четкость работы наблюдалась при выраженной двухуровневой структуре организации этой группы);

д) дефицит содержательной информации о действительном состоянии аварийной ПЛ в целом и ее подсистем из-за отсутствия предметно ориентированных БД и БЗ;

е) избыток описательной и дефицит содержательной информации, то есть отсутствие специального математического, программного и аппаратного обеспечения для реализации автоматизированного исследовательского имитационного моделирования в ходе спасательных действий в целях получения прогнозных оценок:

– наиболее вероятного развития аварии;

– эффективности действий экипажа по БЗЖ;

– сравнительной эффективности вариантов поисково-спасательных действий;

– обуславливающих слабость информационной поддержки, необходимой для выработки замысла, подготовки и принятия решения по его реализации;

ж) жесткие ограничения по реальному времени проведения поисково-спасательных действий;

з) множественность возможных способов выполнения отдельных этапов поисково-спасательных действий спасания в целом с неочевидной сравнительной технико-экономической эффективностью;

и) привлечение большого числа специалистов от организаций ВМФ, промышленности и технических средств с недостаточно четкой и технико-экономически обоснованной системой их использования;

к) наличие, различная принадлежность, территориальная разбросанность потенциально полезных спец. судов и технических средств для участия в проведении спасательных действий, отсутствие БД и БЗ по ним, предварительных соглашений о возможности и условиях сотрудничества;

л) несоответствие организационной структуры управления, состава и действий сил, привлекаемых к выполнению условных поисково-спасательных действий на флотских учениях фактическому развитию событий при авариях ПЛ.

Следствием пп. «а» и «л» является предопределенная неотработанность организации спасания в той или иной мере негативно отражающаяся на ходе решения задач фактического спасения аварийных ПЛ, независимо от исхода спасательных действий.

и отдельных их этапов всегда должен присутствовать быстрое действие (производительность). В ряде случаев этот критерий может быть переведен в ряд ограничений.

Следствием п. «в» является возможность декомпозиции задачи оптимизации организационно-технического (технологического) проекта выполнения спасательных действий в целом на совокупность задач оптимизации проектов выполнения характерных этапов (разделения целей, задач, способов их решения и этапов плана выполнения поисково-спасательных действий в целом на совокупность элементов плана с оптимизацией на каждом этапе по своему критерию) и использования принципа аддитивности (сложения) при формализации глобального и частных критериев эффективности.

Следствием п. «г» является признание целесообразности двухуровневой структуры организации информационной поддержки выработки решения.

Следствием пп. «д» и «е» является: – вывод об острой актуальности создания системы комбинированного исследовательского имитационного моделирования управления спасательными действиями, включающей систему имитационного моделирования развития поражения и оценки БЗЖ ПЛ, предметно ориентированные БД и БЗ;

– обоснованность суждения о том, что реальная технология обмена информационными потоками между уровнями структуры ПСО при подготовке решения всегда содержит генерированный верхним уровнем минимум один, а в общем случае счетное множество альтернативных целей, задач и вариантов концептуальных решений по содержанию технологических проектов (планов) выполнения отдельных этапов и задачи в целом (например, спасение аварийной ПЛ вместе с экипажем с подъемом на поверхность или то же, но с предварительным перемещением ее на меньшую глубину или спасение экипажа с последующим подъемом затонувшей ПЛ за один или несколько этапов и т. д.);

Передаваться верхним уровнем нижнему может либо один из альтернативных вариантов на дальнейшую разработку, либо несколько. Преимущественная практика – селекция концептуальных вариантов и отбор одного для подробной технической проработки нижним уровнем.

Следствием пп. «з» и «к» является неизбежное генерирование нижним уровнем счетного множества технологических вариантов решений реализации переданного ему верхним уровнем одного, либо каждого из гипотетических альтернативных концептуальных решений и сравнительная оценка их органи-

зационной и технико-экономической эффективности.

Структура системы подготовки и принятия решения по выбору наиболее целесообразного варианта технологии поисково-спасательных действий и организации информационной поддержки. Опираясь на приведенные выше результаты анализа, операцию спасания аварийной ПЛ можно рассматривать как ограниченное по времени и ресурсам функционирование двухуровневой организационно-технической системы, являющейся одной из подсистем обеспечения системы высшего уровня – ВМФ.

Для этой обеспечивающей системы характерно нерегулярное циклическое функционирование, включающее:

основные циклы – функционирование в нерегулярно возникающих экстремальных ситуациях с резким наращиванием потенциальных возможностей за счет дополнительно привлекаемых сил и средств ПСО для решения задач спасения аварийной ПЛ, относящихся к категории задач общегосударственного, а в ряде случаев международного масштаба по значимости конечного эффекта, опасности экологической катастрофы и уровню затрат;

подготовительные циклы – периоды специальной и боевой подготовки, во время которых главной задачей является всесторонняя подготовка системы к выполнению основной работы и повседневная деятельность УПАСР флотов и СПАСВ ВМФ.

Для подготовительного цикла характерно качественное несоответствие выполняемых действий требованиям уровня подготовки к основному циклу, обусловленное объективными обстоятельствами, а именно:

– отсутствием материальных возможностей имитации в натуральных условиях всей цепи ситуаций, характерных для действий по поиску и спасению аварийной ПЛ; проводимые на флоте учения с привлечением реальных сил по названной выше причине далеки от воспроизводства реальной обстановки, складывающейся при фактическом спасании аварийной ПЛ;

– отсутствием автоматизированных систем, научного обеспечения, организационных структур, способных путем специального имитационного моделирования наиболее вероятного развития событий в различных ситуациях компенсировать указанный выше принципиальный недостаток, а также обеспечить информационную поддержку прогнозных исследований по разработке материальной базы – сил и средств спасения аварийной ПЛ.

Проблема разработки научной методологии создания и организации полноценного функционирования системы

управления спасанием аварийной ПЛ в ходе подготовительного цикла и тем самым повышения эффективности ее действий в ходе основных циклов является проблемой первостепенной важности для ВМФ и государства в целом.

Следует подчеркнуть, что обобщение опыта проведения фактических действий по спасанию аварийной ПЛ и приведенные выше итоги анализа позволяют утверждать, что система подготовки решения на спасание аварийной ПЛ (система информационной поддержки выработки решения), при постановке задачи оптимизации ее функционирования, должна рассматриваться как двухуровневая. На ее высшем уровне осуществляется формирование вариантов (замыслов) по конечным и промежуточным целям (содержательным вариантам), в максимально возможной мере удовлетворяющим требованиям «качества» итогового результата этапов и задачи спасания в целом. На нижнем уровне системы вырабатывается конечное множество альтернативных вариантов технологии реализации каждого из вариантов концептуальных решений (замыслов), предложенных верхним уровнем.

Рассмотрим общие подходы к обоснованию организации функционирования системы выработки решений по спасанию аварийной ПЛ.

На верхнем уровне системы преследуется цель достижения максимального «качества» проекта спасания по этапам и в целом. Например, для этапов поиска и обследования затонувшей пл верхним уровнем, исходя из выделенных ресурсов, определяется конкретный состав наряда сил, т. е. выбирается вектор \bar{y} (y_1, \dots, y_m) в пространстве допустимых решений $D \subset E^m$, принадлежащем евклидову пространству мерности « m ».

На нижнем уровне определяется возможность их оснащения дополнительными техническими средствами, обитаемыми и необитаемыми специальными подводными аппаратами, водолазным оборудованием и др. и обосновывается тактика их использования. Таким образом при реализации заданных параметров $y_j, j=1, \dots, m$ осуществляется (из своего подпространства допустимых решений $C \subset E^n$) набор параметров x_j , обеспечивающий эффективную технологию поиска и обследования аварийной ПЛ, представляющий собой вектор \bar{x} (x_1, \dots, x_n) в своем подпространстве допустимых решений в n -мерном евклидовом пространстве. При этом второй уровень стремится максимизировать критерий своего уровня, который зависит как от \bar{y} , так и от \bar{x} , т. е.

$$F = F(\bar{y}, \bar{x}). \quad (1)$$

Если вариант решения верхнего уровня задается нижнему заранее в неизмен-

ном виде ($\bar{y} = \bar{y}_0$), как это было продемонстрировано выше, то приходим к задаче оптимизации одноуровневой системы при дополнительном неконтролируемом параметре $\bar{y} = \bar{y}_0$. При ее формализации прежде всего выбираются управляемые (контролируемые) параметры, совокупность которых в конечном итоге определяет «качество» варианта. На разных этапах спасательных действий набор параметров будет разным. Это варианты тактики (поиска, обследования, установления контакта с экипажем, вывода личного состава из аварийной пл, подъема пл и т. д.), комплексов технических средств и т. п. То есть по существу рассматривается последовательность независимых задач оптимизации технологического проекта каждого этапа в отдельности.

При сравнении альтернативных вариантов \bar{x} (x_1, \dots, x_n) и $\bar{x}^{(1)}$ ($x_1^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}$) будем считать, что \bar{x} лучше $\bar{x}^{(1)}$, если $F(\bar{x}) > F(\bar{x}^{(1)})$.

Решение задачи состоит в нахождении $\bar{x}^* = \bar{x}^{(*)} \in S \subset E^n$, для которого

$$F(\bar{x}^*) = \sup F(\bar{x}). \quad (2)$$

Можно столкнуться с ситуацией, когда $F(\bar{x})$ весьма пологая в окрестности оптимума функция. Тогда границы такой области определяются системой дополнительных ограничений вида

$$|\text{grad } F| \leq \varepsilon_1; |F(\bar{x}) - F(\bar{x}^*)| \leq \varepsilon_2, \quad (3)$$

где $\varepsilon_i > 0, i=1, 2$ наперед заданные числа.

В качестве целевой функции на каждом из этапов могут быть выбраны функции, зависящие от производительности, затрат ресурсов, вероятности решения основной задачи. То есть имеем дело с многокритериальной задачей; тогда в качестве глобального критерия принимается свертка частных критериев либо часть критериев переводится в область ограничений.

Выше был рассмотрен вариант существования глобального максимума. Однако этого может и не быть. Для достижения одной и той же цели, как правило, можно использовать ряд различных приемов. Например, выполнение обследования затонувшей ПЛ можно осуществить с помощью телеуправляемых комплексов, подводных аппаратов (ПА) различных типов, с использованием водолазных комплексов разных типов и т. д. Каждый из этих приемов может быть оптимизирован на своем подмножестве. То же можно сказать об этапах поиска аварийной ПЛ, спасения экипажа, подъема затонувшей ПЛ. Таким образом, на каждом этапе спасательных действий может быть применен ряд технологических приемов, которым соответствуют свои значения

$\bar{x}^{(*)}$, а следовательно, может иметь место множество $S(\bar{y}) \subset S$ локальных максимумов, т. е. тех точек $\bar{x} \in S$, для которых выполняется условие

$$F(\bar{y}, \bar{x}) = \max F(\bar{y}, \bar{x}^{(*)}) \quad (4)$$

при $\bar{x}^{(*)} \in S$.

Большинство известных методов решения экстремальных задач создает возможность отыскания локального экстремума, но не всей их совокупности, поэтому заранее трудно предсказать, какая точка \bar{x} из множества $S(\bar{y})$ будет реализована. В качестве наихудшего (п) и наилучшего (л) случаев по критерию $\phi(\bar{y})$, используемому верхним уровнем, очевидно, будут соответственно:

$$\phi_n(\bar{y}) = \min_{\bar{x} \in S(\bar{y})} \phi(\bar{y}, \bar{x}); \phi_n(\bar{y}) = \max_{\bar{x} \in S(\bar{y})} \phi(\bar{y}, \bar{x}). \quad (5)$$

Можно поставить задачу максимизации наихудшего варианта. При этом вектор \bar{y}^* должен быть выбран так, чтобы

$$\phi_n(\bar{y}^*) = \max_{\bar{y} \in D} \phi_n(\bar{y}) = \max_{\bar{y} \in D} \min_{\bar{x} \in S(\bar{y})} \phi(\bar{y}, \bar{x}). \quad (6)$$

То есть верхний иерархический уровень принятия концептуальных решений выбирает такое взаимосвязанное с рекомендациями нижнего уровня решение (назовем его концептуально-технологическим), которое гарантирует значение показателя эффективности (критерия для задачи верхнего уровня):

$$K_1 = \max_{\bar{y} \in D} \min_{\bar{x} \in S(\bar{y})} \phi(\bar{y}, \bar{x}). \quad (7)$$

В реальной ситуации верхний уровень системы управления СО всегда стоит перед проблемой определения предпочтения какому-либо из набора возможных вариантов концептуальных решений y_1, \dots, y_m , который должен быть передан нижнему уровню для детальной проработки и обоснования рационального технологического решения задачи по каждому из них. То есть по каждому из вариантов $\bar{y} \in D \subset E^m$ на нижнем уровне ищут $\bar{x} \in S \subset E^n$, обеспечивающий решение основной задачи этапа спасательных действий. Выбор верхним уровнем того или иного варианта \bar{x} оценивается, например, по критерию быстродействия (производительности) при выполнении ограничений по затратам ресурсов.

В таком случае процесс принятия концептуальных решений по этапам поисково-спасательных действий органически связывается с анализом технологических процессов, их технической реализацией и затратами ресурсов всех основных типов (материальных, временных, а при необходимости, и политических) и по существу становится единым процессом с иерархической структурой принятия решений. На верхнем уровне выбирается $\bar{y} \in D$, а на нижнем – $\bar{x} \in S$. При этом каждый уровень в качестве

основы для принятия решений использует свой критерий: верхний – $\Phi(\bar{y}, \bar{x})$, нижний – $F(\bar{y}, \bar{x})$.

Между уровнями осуществляется обмен информацией о векторах \bar{y} и \bar{x} , причем приоритет (право принятия рекомендаций по окончательному решению) признается за верхним уровнем.

Покажем, что при такой организации работы можно поднять по сравнению с (7), гарантированное значение глобального показателя (критерия) эффективности поисково-спасательных действий.

Итак предположим, что организация обмена информацией верхнего (управляющего) и нижнего – технологического (информационно-аналитического обеспечения) уровней (подсистем системы информационной поддержки управления спасательными действиями) такова, что подсистема информационно-аналитического обеспечения, получив от подсистемы верхнего уровня предварительные варианты концептуальных решений, в свою очередь разрабатывает совокупность технологических вариантов их технического воплощения, приводящих к одной и той же цели разными путями.

Каждому из этой совокупности технологических проектов отвечает свой вектор \bar{x} в пространстве параметров технологических решений. Очевидно также, что каждый вариант технологического проекта решения подсистемы нижнего уровня оказывает свое влияние на вектор \bar{y} в пространстве параметров соответствующего варианта концептуального решения подсистемы верхнего уровня, переданного на аналитическую проработку нижестоящей подсистеме.

Получив от нижней подсистемы набор «технологических проектов», подсистема верхнего уровня оценивает их с позиций влияния на концептуальные (общесистемные) решения и выбирает вместе с вариантом концептуального решения (\bar{y}) окончательный проект (\bar{x}) его технологического исполнения.

Таким образом, на первом этапе работы «верхняя» подсистема разрабатывает и передает нижней подсистеме множество вариантов концептуальных решений. Тем самым, для подсистемы нижнего уровня создается возможность подбора рациональных сочетаний концептуальных решений и проектов технологии их воплощения. Анализируя взаимосвязь вариантов концептуальных решений (\bar{y}) и технологических проектов их практической реализации (\bar{x}) специалисты подсистемы нижнего уровня имеют дело с исследованием функции $\bar{y}(\bar{x})$ и по сути дела на втором этапе решают задачу поиска максимума функции:

$$F_1(\bar{x}) = F[\bar{y}(\bar{x}), \bar{x}].$$

Очевидно, что нижняя подсистема должна стремиться разработать такой вариант $\bar{x} = \bar{x}^*$ технологического проекта, чтобы

$$F_1(\bar{x}) = \max_{\bar{x} \in S} F_1(\bar{x}^*)$$

или, что одно и то же,

$$F[\bar{y}(\bar{x}), \bar{x}] = \max_{\bar{x} \in S} F[\bar{y}(\bar{x}^*), \bar{x}^*]. \quad (8)$$

Здесь, как и в предыдущем случае, тоже может оказаться, что вариант \bar{x}^* не единственный и отвечает локально, а не глобально экстремуму. Локальные экстремумы образуют подмножество

$$S[\bar{y}(\cdot)] \subseteq S.$$

В таких условиях верхняя подсистема, анализируя на третьем этапе это подмножество, в качестве наилучшего варианта концептуального решения будет рассматривать такой, который использует технологический проект $\bar{x} \in S[\bar{y}(\cdot)]$ и удовлетворяет условию:

$$\varphi_n[\bar{y}(\cdot)] = \min_{\bar{x} \in S[\bar{y}(\cdot)]} \varphi[\bar{y}(\bar{x}), \bar{x}],$$

где, как и прежде, φ_n – глобальный критерий эффективности спасательных действий (или их этапа).

Таким образом, на верхнем (управляющем) уровне возникает задача максимизации «наихудшего» значения критерия технико-экономической эффективности этапа и спасательных действий в целом. То есть верхняя подсистема должна выбрать такое сочетание концептуального и технологического решения $\bar{y}^*(\cdot)$, чтобы обеспечить реализацию гарантированного значения критерия технико-экономической эффективности поисково-спасательных действий:

$$\varphi(\bar{y}, \bar{x}) = K_2;$$

$$K_2 = \varphi_n[\bar{y}^*(\cdot)] = \max_{\bar{y}(\cdot)} \varphi_n[\bar{y}(\cdot)]$$

или

$$K_2 = \min_{\bar{y} \in S[\bar{y}(\cdot)]} \varphi[\bar{y}^*(\bar{x}), \bar{x}] = \max_{\bar{y}(\cdot)} \min_{\bar{x} \in S[\bar{y}(\cdot)]} \varphi[\bar{y}(\bar{x}), \bar{x}]. \quad (9)$$

Отличительной особенностью рассмотренного второго варианта организации обмена информацией между уровнями системы является то, что здесь максимум K_2 берется по всем возможным функциям $\bar{y}(\cdot)$ из множества S вариантов технологических проектов в D -множестве вариантов концептуальных решений. В первом же случае K_1 это такой же экстремум, но только на более узком классе функций, так как максимум (K_1) берется только по постоянным функциям (подсистема нижнего уровня получает конкретное концептуальное решение $\bar{y} \in D$ от подсистемы верхнего уровня и решает экстремальную задачу

поиска такого варианта технологического проекта $\bar{x} \in S$, который доставит гарантированное значение K_1 критерию технико-экономической эффективности решения задачи поиска и спасении аварийной ПЛ.

Поскольку K_1 – экстремальное значение критерия $\varphi(\bar{y})$ технико-экономической эффективности спасательных действий ищется на более узком по сравнению с K_2 классе функций, то, очевидно, что $K_1 < K_2$.

А это подтверждает более высокую эффективность второго варианта организации информационных потоков между подсистемами системы информационной поддержки управления спасательными действиями по сравнению с первым.

Таким образом, получены принципиально важные выводы:

– о рациональности двухуровневой структуры системы информационной поддержки управления поисково-спасательными действиями;

– о более эффективном варианте организации информационного взаимодействия подсистем верхнего (управляющего) и нижнего (информационно-аналитического) уровней системы информационной поддержки управления спасением аварийной ПЛ в основном цикле его функционирования.

В заключение следует отметить, что, исходя из требований «Стратегии развития морской деятельности России до 2030 года» и основной особенности практической реализации возможностей разработанных ВМФ, Морской спасательной службой Министерства транспорта, спасательными формированиями МЧС РФ комплексов и систем автоматизации морских спасательных операций, будет являться проблема создания на их основе межведомственной автоматизированной системы информационной поддержки проведения морских спасательных операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Илюхин В. Н.* О развитии системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности России // Нептун. Водозлазный проект. – 2014. – № 2. – С. 32–40.
2. *Илюхин В. Н.* Развитие средств и способов спасения экипажей аварийных ПЛ ВМФ России // Морской сборник. – 2009. – № 5. – С. 30–38.
3. Концепция развития системы ПСО ВМФ до 2025 г. – Морская политика России, 2013, с. 64–69.
4. *Мормуль Н. Г.* Катастрофы под водой. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та. – 2010. – С. 542.
5. *Томашевский В. Т., Четвертаков М. М., Щицков В. В.* Исследовательское имитационное моделирование в решении проблем развития системы морских вооружений и её подводной составляющей. – СПб.: Наука. – 2008. – С. 274. ■

Сегодня в интересах получения сверхприбыли за счет существенно сокращения продолжительности технологического процесса удаления влаги из сырья (например, тушек рыбы, мяса животных и др.) используют в качестве сушильного агента нагретый (до 60 °С и более) воздух (пар и т. д.), при этом совершенно не принимается во внимание существенное ухудшение качества (например, за счет разрушения белка) получаемого продукта [1–3, 7–9]. Кроме того, из-за неравномерности тепловой сушки одна часть продукта пересушивается (например, поверхность и хвостовая часть рыбы), а другая не досушивается (например, толстые слои мяса и головная часть рыбы).

В работах [3, 5, 6] разработана методика удаления влаги из продуктов (рыбы, мяса и др.) в акустических полях при относительно низких (менее 35 °С) температурах сушильного агента. При этом возможны четыре варианта технологического процесса удаления влаги:

- удаление свободной (находящейся в клетке) влаги из сырья (полуфабриката) в естественных условиях (под навесом) до конечной влажности продукта (например, до влажности 10–15%);

- удаление свободной влаги из сырья в естественных условиях до «транспортной» (например, 20–25%) влажности продукта с последующим удалением связанной влаги в конвективно-тепловых сушильных камерах (КТСК) или в низкотемпературной акустической сушильной камере (НАСК);

- ускоренное удаление свободной влаги из сырья в НАСК до «транспортной» влажности продукта с последующим удалением связанной влаги в КТСК;

- ускоренное удаление свободной влаги и связанной влаги из сырья в НАСК.

В процессе низкотемпературного удаления влаги в акустических волнах различной интенсивности имеет место целый спектр гидродинамических, механических и тепловых явлений, в частности [2–6]:

1) гидродинамические явления:

- разрушение и/или снижение толщины приповерхностного диффузного слоя (ППДС);

- перепады давления над поверхностью;

- акустические потоки вдоль поверхности;

- акустические завихрения вблизи препятствия (вблизи неровностей на поверхности);

- пульсации пара в освобожденных от влаги капиллярах и т. д.

2) механические явления:

- снижение вязкости жидкости;

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ УДАЛЕНИЕ ВЛАГИ ИЗ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

С. А. Бахарев, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,

Л. М. Клячко, д-р техн. наук, проф., ген. директор,

А. В. Рогожников, д-р техн. наук, директор

Инжинирингового центра гражданской морской техники,

В. К. Смирнов, техник,

АО «ЦНИИ «Курс»,

контакт. тел. +7 (903) 018 1783, +7 (916) 324 4557

- выдавливание влаги из капилляров;

- образование и схлопывание газовых пузырьков в капиллярах;

- распыление влаги в капиллярах и т. д.

3) тепловые явления:

- интенсификация движения молекул влаги;

- нагрев тканей на молекулярном уровне и т. д.

При этом для реализации линейных акустических механизмов удаления влаги требуется излучать акустические волны с амплитудой звукового давления выше 135 дБ относительно порогового уровня на расстоянии 1 м от излучателя, а при реализации нелинейных акустических механизмов – выше 175 дБ, т. е. в 100 раз больше.

Возвращаясь к процессу сушки (холодной или горячей), следует отметить, что над поверхностью высушиваемого субстрата (сырца, полуфабриката и т. д.) всегда присутствует приповерхностный диффузный слой (ППДС), который существенно препятствует удалению влаги (массопереносу) с поверхности. Поэтому одна из основных задач – ликвидация или уменьшение толщины ППДС (рис. 1).

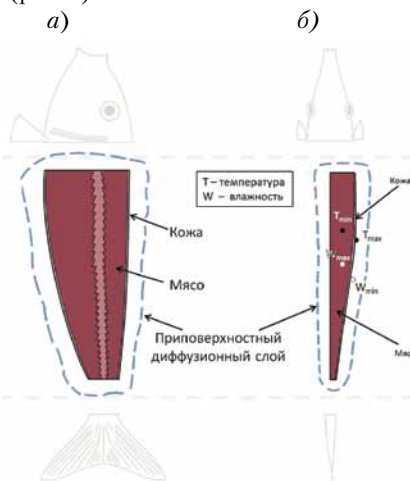


Рис. 1. Внешний вид тушки рыбы в процессе типовой конвективно-тепловой сушки: а – вид спереди; б – вид сбоку

Как видно из рис. 1, над всей высушиваемой поверхностью полуфабриката (тушки рыбы) присутствует ППДС (пунктирная линия синего цвета). При этом внутри тушки рыбы температура минимальная T_{min} , а влажность максимальная W_{max} , в то время как на поверхности тушки рыбы температура максимальная, а влажность минимальная. Благодаря подводимому теплу интенсифицируется колебательное движение молекул влаги, и она по кратчайшему расстоянию выходит на поверхность. Однако наличие больших градиентов температуры и влажности является причиной деформации тканей рыбы в процессе ее конвективно-тепловой сушки.

Рис. 2 иллюстрирует изменения влажности W внутри (1) и на поверхности (2) тушки рыбы в процесс высокотемпературной (температура сушильного агента выше 35 °С) тепловой сушки (рис. 2, а) и низкотемпературной (температура сушильного агента ниже 35 °С) акустической сушки (рис. 2, б).

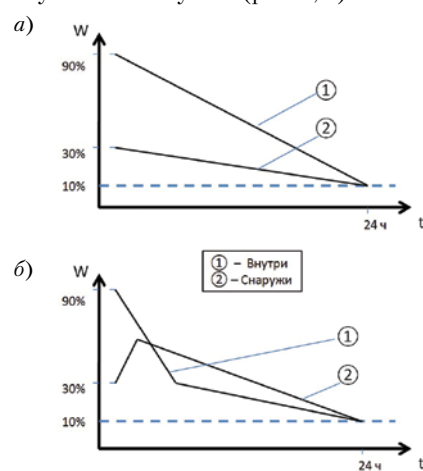


Рис. 2. Изменения влажности тушек рыб в процессах тепловой и акустической сушек
1 – внутри тушки; 2 – снаружи тушки

Как видно из рис. 2, а в процессе высокотемпературной сушки влажность внутри и на поверхности тушки рыбы уменьшается по линейному закону, но с разной скоростью, в то время как

в процессе низкотемпературной акустической сушки (см. рис. 2, б) процессы удаления влаги подчиняются другим закономерностям, в частности:

- в начальный период сушки за счет выдавливания свободной влаги (под действием, в первую очередь, постоянной составляющей акустического поля) из центра тушки рыбы на периферию влажность на поверхности даже увеличивается. При этом влажность внутри тушки уменьшается интенсивнее по сравнению с высокотемпературной сушкой;

- в процессе сушки градиенты температуры и влажности гораздо ниже, чем при высокотемпературной сушке;

- на завершающем этапе удаление влаги изнутри и снаружи идет более плавно по сравнению с высокотемпературной сушкой.

На рис. 3 приведена структурная схема мобильной (на базе 20-футового контейнера, годного к перемещению абсолютно всеми видами транспорта) НАСК, предназначенной для низкотемпературного удаления влаги из тушек рыб.

В состав НАСК входят:

- модуль подготовки, подведения и отведения сушильного агента (далее – МСА) на базе: входного воздуховода и промышленного кондиционера, установленных в верхней части НАСК, вытяжного вентилятора и выходного воздуховода, установленных с противоположной стороны в нижней части НАСК;

- модуль раскладки полуфабриката (далее – МПФ) на базе нескольких (в зависимости от дины НАСК) мобильных (на колесиках) стеллажей с полками для тушек рыб;

- акустический модуль (далее – АКМ) на базе нескольких (в зависимости от геометрических размеров НАСК) низкочастотных (НЧ) – ниже 12 кГц и высокочастотных (ВЧ) – выше 12 кГц акустических излучателей, установленных сверху и сбоку по отношению к полкам МРФ. При этом в качестве излучателей могут использоваться пьезоэлектрические или газоструйные акустические излучатели;

- электромагнитный модуль на базе нескольких (в зависимости от геометрических размеров НАСК) НЧ – в диапазоне частот десятков кГц, электромагнитных излучателей, установленных сверху и сбоку по отношению к полкам МРФ;

- электронный модуль (далее – ЭЛМ) на базе компьютера и нескольких (в зависимости от числа электроакустических и электромагнитных излучателей) многоканальных усилителей мощности, который может быть размещен как внутри, так и снаружи НАСК;

- модуль управления (далее – МУП)

на базе компьютера и распределенных внутри НАСК датчиков: температуры, относительной влажности и скорости движения сушильного агента, который размещен внутри.

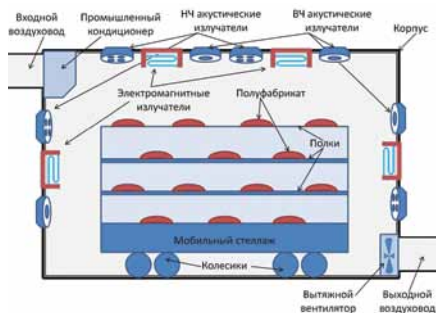


Рис. 3. Структурная схема мобильной низкотемпературной акустической сушильной камеры

Для примера на рис. 4 представлен внешний вид электроакустических излучателей (рис. 4, а) и усилителей мощности (рис. 4, б), серийно выпускаемых в Италии и Германии, соответственно применяемых (после модернизации) для акустического удаления влаги с использованием только линейных акустических механизмов.

а)



б)



Рис. 4. Внешний вид электроакустических излучателей и усилителей мощности: а – электроакустические излучатели; б – усилители мощности

Как видно из рис. 4, используемое оборудование (акустическое и электронное) отличается незначительными массогабаритными характеристиками.

Кратко опишем вариант многоэтапного удаления влаги из рыбы в промышленных условиях с одновременной защитой полуфабриката от паразитов, насекомых и грызунов.

На предварительном этапе после обескровливания рыбы (путем перерезания межжаберного промежутка

и сердечной луковицы), ее потрошения и пластиции, а также отделения головы от тушки и удаления хребтовой кости получают полуфабрикат рыбы с влажностью ок. 80–85%.

На первом этапе полученный полуфабрикат раскладывают (вручную или автоматически) на сетки кожей сверху и таким образом, чтобы после поднятия сеток на угол $\alpha_1 \approx 60^\circ\text{C}$ хвостовая (наиболее тонкая и длинная) часть каждого полуфабриката оказывалась внизу, а головная (наиболее мясистая и короткая) – вверх. Затем сетки с полуфабрикатом под углом α_1 размещают в устройстве, исключая скатывание полуфабриката и обеспечивая свободное движение несвязанной (свободной) влаги и рыбьего жира вдоль волокон полуфабриката под действием силы тяжести G .

При этом устройство устанавливают под навесом, исключая попадание дождя, в том числе и при боковом ветре, а также прямых лучей солнца, что позволяет избежать «загара» и перегрева, а также повышенного облучения солнечной радиацией полуфабриката. Под навесом размещены: датчик температуры окружающего воздуха T и датчик относительной влажности атмосферного воздуха W , несколько – не менее трех (обеспечивающих принудительное движение атмосферного воздуха), мобильных (быстро устанавливаемых и быстро демонтируемых) рабочих вентиляторов с плавно изменяющейся производительностью, обеспечивающих, если скорость движения атмосферного воздуха V_a меньше 2–3 м/с, искусственным путем поддержание равномерной по всей площади навеса скорости движения окружающего воздуха не менее 2–3 м/с; несколько – не менее шести (не менее двух для каждого из трех каналов) – идентичных акустических излучателей трехканального акустического тракта, обеспечивающих под углом сверху вниз по всей площади сеток с полуфабрикатом излучение акустических волн.

Затем формируют, усиливают и направляют в секторе нескольких десятков градусов излучение по программе, сочетая режимы излучения и паузы, заложенной в блоке управления на базе персонального компьютера, а также благодаря первому коммутатору каналов трехканального акустического тракта, акустических волн на нескольких – не менее двух – частотах: более НЧ f_{ci} и более ВЧ f_{ci} в диапазоне от 2×10^1 Гц до 5×10^4 Гц с интенсивностью на расстоянии 1 м от излучателя не менее 100 Вт/м². При этом акустические волны на частотах f_{ci} применяют для акустической сушки больших и жирных тушек полуфабриката, а также полуфабриката с большой относительной влажностью, а акустические волны на частотах f_{ci} – для

акустической сушки тонких и нежирных тушек полуфабриката, а также на заключительном этапе сушки полуфабриката.

В процессе гравитации G , естественного капиллярного давления $P_{\text{ЕКД}}$ и естественной диффузии D_E , а также под воздействием акустических волн на частотах F_{ci} и f_{ci} под углом сверху вниз по всей площади сеток с полуфабрикатом:

– первая, незначительная (примерно 10% из почти 80%), часть жидкости в виде связанной влаги вытесняется по кратчайшим путям, совпадающим с вектором (направлением) акустического давления из толщи мяса полуфабриката на его поверхность, дополнительно увеличивая, тем самым, ее влажность. Именно по этой причине требуется естественным или искусственным путем обеспечить достаточно интенсивное – 3–5 м/с – и равномерное движение атмосферного воздуха вдоль поверхности полуфабриката;

– вторая, существенная (ок. 30% из примерно 80%), часть жидкости в виде свободной влаги, активно перемещаясь вдоль тканей полуфабриката в его более тонкую (поэтому быстро сохнущую) хвостовую часть, увлажняет ее и предотвращает пересыхание тонкой части полуфабриката. Поэтому также требуется обеспечить достаточно интенсивное – не менее 3–5 м/с – движение атмосферного воздуха вдоль всей поверхности полуфабриката;

– третья, основная (ок. 40% из примерно 80%), часть жидкости в виде свободной и связанной влаги распределяется по всему объему частично высушенного (до примерно 40%) полуфабриката.

При этом благодаря превращению на молекулярном уровне части акустической энергии в тепловую выполняют дополнительную акустическую сушку полуфабриката, особенно его более удаленных от поверхности частей, а удаление влаги с поверхности полуфабриката и его тепловую сушку осуществляют за счет движения со скоростью V_a (не менее 3 м/с) сушильного агента (окружающего атмосферного воздуха) с температурой T_a (ок. 30° С) и относительной влажностью W_a (примерно 30%).

Вся оставшаяся свободная влага (ок. 35% примерно из 40%), сосредоточенная в полостях клеток полуфабриката, и связанная влага (ок. 5% из примерно 40%), сосредоточенная в оболочках клеток полуфабриката, составляет примерно 40% влажности частично высушенного полуфабриката.

Время частичной акустической сушки полуфабриката в естественных условиях (под навесом) составляет четыре–восемь часов в зависимости от характеристик (геометрические размеры, жирность и др.), химического состава

сырья и способа его разделки, а также в зависимости от температуры, относительной влажности, скорости движения атмосферного воздуха и др. Благодаря частичной акустической сушке полуфабриката в естественных условиях, в дальнейшем, после окончательной сушки, получают продукцию с высокими органолептическими и вкусовыми показателями. Благодаря воздействию акустических волн (релаксация мышечных тканей, освобождение связанной влаги, равномерное перераспределение влаги к поверхностным частям, равномерному распределению оставшейся влаги и т. д.) на частотах F_{ci} и f_{ci} общий процесс сушки в естественных условиях идет равномернее, без пересыхания поверхностных слоев и образования корок на них, без создания градиентов влажности и температуры внутри полуфабриката и т. д., а также без изменения его биологического состава.

Затем повторно формируют, усиливают до необходимого уровня и направляют в секторе нескольких десятков градусов излучение по той же программе, сочетая режимы излучения и паузы, заложенной в блоке управления на базе персонального компьютера, а также благодаря первому коммутатору каналов трехканального акустического тракта, акустических волн на тех же нескольких – не менее двух – частотах.

При этом излучение акустических волн на частотах F_{oi} и f_{oi} (непрерывные и квазинепрерывные по длительности, амплитудно-модулированные, частотно-модулированные и другие сигналы сложной формы и т. д.), являющихся по своей сущности биорезонансными – их частоты близки к собственным частотам болезнетворных микроорганизмов, модулированы по амплитуде и частоте (фазе) сигналами инфразвукового диапазона частот 3–12 Гц и т. д., – осуществляют в интервалы времени, когда излучения акустических волн на частотах F_{ci} и f_{ci} (непрерывные и квазинепрерывные по длительности, гармонические сигналы по форме и т. д.), являющихся по своей сущности чистыми тонами – их частоты близки к музыкальным нотам, – не проводят.

Под воздействием акустических волн биорезонансным методом на частотах F_{oi} и f_{oi} выполняют частичное (5–10%) обеззараживание – уничтожение различных инфекций: на частотах F_{oi} – личинок анизакид, имеющих собственную резонансную частоту Ω_1 , на частотах f_{oi} – бактерий, имеющих собственную резонансную частоту Ω_1 и др.

После этого процесс повторяют еще раз по той же программе.

При этом излучение акустических волн на частотах F_{ni} и f_{ni} , являющихся по своей сущности энергетическими, вы-

зывающими болевой эффект у насекомых и грызунов, подавляющими их каналы ориентации в пространстве и т. д., а также информационными, вызывающими у грызунов чувство тревоги, осуществляют в интервалы времени, когда излучение акустических волн на частотах F_{ci} и f_{ci} , а также на частотах F_{oi} и f_{oi} не проводят.

Под воздействием акустических волн на частотах F_{ni} и f_{ni} насекомые и грызуны стараются быстро покинуть зону акустического облучения, а после нескольких воздействий стараются покинуть данное пространство, несмотря на приманивающий пищевой рефлекс.

На *втором этапе* частично высушенный в естественных условиях (под навесом) до относительной влажности ок. 40% полуфабрикат на тех же сетках устанавливают в идентичные подвижные стеллажи, оборудованные колесиками и ручными стопорами для фиксации колесиков, на которых (стеллажах) сетки установлены под углом наклона α_2 ($\approx 10^\circ$), меньшим, чем угол наклона α_1 , что не только полностью исключает скатывание полуфабриката с пониженной, до 40%, влажностью, но и обеспечивает относительно свободное движение оставшейся несвязанной влаги вдоль волокон полуфабриката под действием силы тяжести, а также освобождение связанной (молекулярными связями и др.) влаги под действием (в дальнейшем технологическом процессе) акустических волн из глубины на поверхности полуфабриката по кратчайшему пути.

После этого стеллажи с сетками вкапывают в предварительную конвективно-тепловую сушильную камеру (ПКТСК) и расставляют в ней таким образом, чтобы обеспечить равномерное движение сушильного агента со скоростью V_{ca} по всему объему ПКТСК. При этом колесики стеллажей ставят на стопора, исключающие их (стеллажей) самопроизвольное движение по наклонному полу ПКТСК; в процессе перемещений сеток контролируют и при необходимости (в случае прилипания, что возможно для жирного и большого по размерам сырья) частично передвигают по сетке отдельные экземпляры полуфабриката.

Далее по процедуре, описанной выше, выполняют предварительную акустическую сушку уже частично высушенного (до влажности ок. 40%) в естественных условиях полуфабриката при заданной технологическим процессом относительной влажности и температуре с получением продукта с относительной влажностью ок. 25%, предварительное (примерно до уровня 25%) акустическое обеззараживание полуфабриката, а также полное (примерно до 100%) акустическое отпугивание насекомых и грызунов (оказав-

шихся в ПКТСК, например, в процесс погрузки полуфабриката и т. д.) Одновременно с этим осуществляют конвекционно-тепловую сушку и предварительное (примерно до уровня 50%) обеззараживание полуфабриката в электромагнитных полях.

Для этого в блоке подготовки сушильного агента, входящего в систему подготовки, распределенного подвода и распределенного отвода сушильного агента, а также его равномерного движения в ПКТСК и в основной конвективно-тепловой сушильной камере (ОКТСК) атмосферный воздух подают в главный подготовитель сушильного агента (например, калорифер и т. д.) и готовят его в соответствии с заданными, в первую очередь для ОКТСК, параметрами температуры T_0 , относительной влажности W_0 и объема V_0 .

С помощью отводного воздуховода через главный распределитель часть V_2 сушильного агента с температурой T_0 и относительной влажностью W_0 , подают на первый вход смесителя сушильного агента. Одновременно с этим отработанный в ОКТСК сушильный агент с температурой T_1 , меньшей T_0 , и с относительной влажностью W_1 , большей W_0 , подают на первый вход смесителя.

Затем сушильный агент с температурой T_2 , меньшей T_1 и тем более T_0 , и с относительной влажностью W_2 , большей W_1 и тем более W_0 , подают в ПКТСК, а с помощью распределенных по объему ПКТСК мобильных рабочих вентиляторов с плавно изменяющейся производительностью обеспечивают равномерное по всему объему ПКТСК движение сушильного агента с параметрами T_2 и W_2 .

Равномерно движущийся по объему ПКТСК сушильный агент с параметрами T_2 и W_2 нагревает полуфабрикат и снимает влагу с его поверхности. В дальнейшем отработанный сушильный агент с температурой T_3 , меньшей, чем T_2 , T_1 и тем более T_0 , и относительной влажностью W_3 , большей, чем W_2 , W_1 и тем более W_0 , через равномерно распределенные по ПКТСК несколько воздухоотборников при помощи вытяжного вентилятора, проходя через сменный воздушный фильтр и очищаясь в нем от вредных веществ, через второй отводной воздуховод выбрасывается в атмосферу.

Вся оставшаяся свободная влага (ок. 20% примерно из 25%), сосредоточенная в полостях клеток полуфабриката и связанная влага (ок. 5% из примерно 25%), сосредоточенная в оболочках клеток полуфабриката, составляет ок. 25% влажности частично высушенного полуфабриката. При этом время предварительной акустическо-конвективно-тепловой сушки полуфабриката в искусственных условиях (в ПКТСК) определяется технологическим процессом и составляет

два–четыре часа в зависимости от характеристик, химического состава сырья и способа его разделки; благодаря воздействию акустических волн на частотах F_{ci} и f_{ci} общий процесс сушки идет равномернее, без пересыхания поверхностных слоев и образования корок на них, без создания градиентов влажности и температуры внутри полуфабриката и т. д., а также без изменения его биологического и химического состава.

При этом формируют, усиливают до необходимого уровня и направляют в секторе нескольких десятков градусов излучение по программе, а также благодаря первому коммутатору каналов трехканального акустического тракта, акустических волн на нескольких – не менее двух – частотах: более НЧ F_{ci} и более ВЧ f_{ci} в диапазоне частот от 2×10^1 Гц до 5×10^4 Гц с интенсивностью на расстоянии 1 м от излучателя не менее 100 Вт/м².

Одновременно формируют, усиливают до необходимого уровня и направляют излучение:

– по программе акустических волн на нескольких частотах: более НЧ F_{oi} и более ВЧ f_{oi} в диапазоне частот от 2×10^1 Гц до 5×10^4 Гц с интенсивностью не менее 100 Вт/м²;

– по программе акустических волн на нескольких частотах: более НЧ F_{mi} и более ВЧ f_{mi} в том же диапазоне частот с той же интенсивностью;

– по программе электромагнитных волн в ультрафиолетовом спектре частот ω_{yf} с интенсивностью (энергией), не превышающей 1 МэВ;

– затем по той же программе в видимом световом спектре частот $\omega_{ви}$ с интенсивностью (энергией), не превышающей 1 МэВ;

– по программе электромагнитных волн в инфракрасном спектре частот $\omega_{ик}$ с прежней интенсивностью.

Благодаря акустическому воздействию на полуфабрикат, находящийся в ПКТСК, а также электромагнитных волн ультрафиолетового излучения, видимого светового излучения и инфракрасного излучения в зависимости от типа уничтожаемых микроорганизмов осуществляют практически полное – примерно 75% – их уничтожение с меньшей, как минимум на 20–30%, интенсивностью (к тому же не превышающей 1 МэВ), чем обычно применяют для обеззараживания продуктов.

На *третьем этапе* часть предварительно высушенного до относительной влажности, например до 25%, полуфабриката на тех же подвижных стеллажах с сетками перекачивают из ПКТСК в ОКТСК и расставляют в ней таким образом, чтобы обеспечить равномерное движение сушильного агента с параметрами T_0 и W_0 по всему объему.

Затем по процедуре, описанной выше, выполняют основную акустическую сушку уже частично под навесом, и предварительно в ПКТСК высушенного (до влажности до 25%) полуфабриката при заданной технологическим процессом относительной влажности и температуре. В итоге получают окончательно высушенный полуфабрикат с относительной влажностью ок. 18–20%, полностью обеззараженный в акустических и электромагнитных полях. Благодаря акустическому воздействию насекомые и грызуны, оказавшиеся в ОКТСК, например, в процесс выгрузки полуфабриката и т. п., удалены от полуфабриката.

В дальнейшем полуфабрикат сортируют по качеству и товарно оформляют готовый продукт.

Следует отметить, что разработанная технология может быть с успехом применена не только для низкотемпературного удаления влаги из продуктов питания (рыбы, мяса, грибов, зерна, овощей, фруктов и т. д.), но и для низкотемпературной сушки медицинских и косметологических препаратов, горючих и взрывчатых веществ, древесины и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Ф. И. Техника промышленного рыболовства. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 696 с.
2. Бахарев С. А., Карасев А. В., Карасев В. В. Основы промысловой гидроакустики. – Учеб. пособие. – Владивосток: Изд. Дальрыбвтуза. – 2000. – 68 с.
3. Бахарев С. А. Акустика в промышленном рыболовстве. – Германия, Изд-во: Lambert, 2012, 305 с.
4. Бахарев С. А., Рогожников А. В. Перспективы развития гидроакустических средств гражданского назначения, в том числе с использованием методов нелинейной акустики. – Тр. Всерос. конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – Санкт-Петербург, 2012, с. 30–33.
5. Бахарев С. А. Способ комбинированной сушки с использованием волн различной физической природы. Патент РФ № 2423655 от 26.10.2009. Оpubл. 10.07.2011 // ИБ № 19.
6. Он же. Способ сушки и обеззараживания продуктов с использованием волн различной физической природы. – Патент РФ № 2464793 от 01.06.2011. Оpubл. 27.10.2012 // ИБ № 30.
7. Вопросы теории и практики промышленного рыболовства: Сб. науч. тр./Под ред. Э. А. Карпенко. – М.: ГК по рыболовству, ВНИРО, 1998. – 219 с.
8. Мельников В. Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.
9. Справочник промысловика. – ВРПО «АЗЧЕРРЫБА», Изд. ЦПКТБ, 1998. – 487 с.
10. Телятник О. В. Технология промысла рыбы. – Владивосток: Изд. Дальрыбвтуза, 2000. – с. 13–17.
11. Урик Р. Дж. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978. – 378 с. ■

На протяжении последнего десятилетия грузооборот морских портов России стабильно растет. По данным Федерального агентства морского и речного транспорта России (Росморречфлот), в 2003 г. годовой объем переработки грузов в морских портах составлял 285 млн т, в 2008 г. он достиг почти 455 млн т, а в 2013 г. превысил 538 млн т. Существенный объем работ приходится на зимний период, что предъявляет особые требования к развитию портовой инфраструктуры. Для освоения перевозок в зимний период необходимы современные ледокольный флот и рейдовые суда ледокольного типа для обслуживания транспортных судов в портах. Как и раньше, основной задачей ледокольного флота предприятия было и остается ледокольное обеспечение судоходства в зимнюю навигацию на подходах и акваториях замерзающих портов Российской Федерации, в Финском заливе Балтийского моря, Белом, Каспийском, Азовском морях и морях Дальнего Востока.

Данная задача решается прежде всего предоставлением комплекса обязательных ледокольных услуг, оплачиваемых ледокольным сбором, а также услуг ледоколов на коммерческой основе, оказываемых вне рамок ледокольного сбора, в сочетании с мерами, ведущими к обоснованному снижению эксплуатационных расходов на ледоколы.

Главными ресурсами предприятий перечисленных выше регионов, направленных на выполнение этой задачи, являются 29 ледоколов, ледокольные буксиры различных типов, судовые и береговые специалисты и, конечно, организующие сложную работу ледокольного флота. Для эффективной работы ледокольного флота разрабатывается план расстановки ледоколов на каждую зимнюю навигацию.

В Каспийском бассейне грузооборот сосредоточен в трех крупных портах: Астрахань, Оля и Махачкала. На Каспийском море в зимнее время работают три ледокола (два – пр.1105, один – пр.1191), которые обслуживают транспортный флот, следующий в порты и из портов Астрахань и Оля, обеспечивают навигационную доступность морских портов, участвуют в ледокольной проводке судов по Волго-Каспийскому морскому судоходному каналу (ВКМСК), на Астраханском морском рейде, разрабатывают участки паромных переправ, для обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов по левому берегу р. Бахтемир.

В Каспийском бассейне в 2013 г. наблюдался спад объема перевозок, вследствие чего в морских портах было переработано грузов меньше, чем в 2012 г., более чем на 24%. Снизились объемы переработки как сухих, генеральных грузов, навалочных грузов (более чем на 37%), так и наливных грузов

РОЛЬ И ПРОБЛЕМЫ ЗИМНЕЙ НАВИГАЦИИ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ БАССЕЙНЕ

М. А. Абдулатипов, руководитель ФГБУ «АМП Каспийского моря»,
В. К. Калачев, канд. техн. наук, доцент,
И. К. Кузьмичев, д-р техн. наук, проф., ректор,
ФГБОУ ВО «Волжская государственная академия водного транспорта»,
контакт. тел. (8512) 58 6027, (8512) 58 4569

(около 13%). При этом объем переработки грузов в зимний период в портах Астраханской области снизился намного существеннее, чем в целом за год (табл. 1), что свидетельствует об актуальности вопроса развития зимней навигации.

жились тяжелые условия навигации. При больших сбросах воды на Волжской ГЭС, а эта тенденция продолжается второй год, образуются заторы, происходит торошение льда на всем протяжении канала, ледовый покров опустился в море до широ-

Таблица 1
Анализ объемов переработки грузов в портах Астраханской области в разные периоды навигации

Показатель оценки	2012	2013
Общий годовой объем переработки грузов, тыс. т.	3990	2488
Объем переработки грузов в зимний период, тыс. т.	1532,9	635,9
Продолжительность навигации в зимний период:		
– начало	26.12.2011	16.12.2012
– окончание	24.03.2012	23.02.2013
– количество суток	90	69
Количество судов, ед.:		
– запланированных для работы в зимнюю навигацию	129	161
– фактически работавших	164	94
Количество проведенных судов в караванах, ед.:		
– всего в Астраханской области	619	391
– по порту Оля	167	50
Среднесуточный объем переработки грузов, тыс. т.:		
– в среднем за год	10,93	6,82
– за период зимней навигации	17,2	9,2
Максимальная протяженность ледокольных проводок, км	300	250

Объем перевозок в зимний период 2011/2012 гг. отнесен к навигации 2012 г., а 2012/2013 гг. – к навигации 2013 г. Такой шаг предпринят для того, чтобы показать важность и необходимость зимней навигации в Каспийском регионе. При такой дифференциации на зимнюю навигацию 2011/2012 гг., в 2011 г. пришлось 6 сут., навигации 2012/2013 гг. – 16 сут.

Анализ приведенной в таблице информации показывает сокращение общего годового объема переработки грузов в портах Астраханской области в 2013 г. по сравнению с 2012 г. на 37,6%, в зимний период – на 58,9%. На уменьшение переработки грузов в зимний период повлияло, в первую очередь, сокращение длительности зимней навигации с 90 сут. в 2012 г. до 69 сут. в 2013 г., или на 23,3%. Среднесуточный объем переработки грузов за этот период превышает среднесуточный объем в среднем за год на 35–60%, что говорит о высоком спросе на перевозку грузов в зимний период. Значительно (на 36,8%) сократилось количество проведенных судов в караванах, в том числе в порт и из порта Оля на 70%. Сократилась также максимальная протяженность ледокольных проводок судов на 16,7%.

В навигацию 2012/2013 гг. на ВКМСК и акваториях портов Астрахань и Оля сло-

ты 44° 30'. Это отрицательно сказывается на зимней навигации, увеличивало время проводки ледоколами грузовых судов, нарушало график доставки грузов и, соответственно, снижало объем переработки грузов в портах. Кроме того, из-за отсутствия ледокольных буксиров в порту Астрахань не удалось эффективно выполнять внутрипортовые проводки и обслуживать суда в порту.

Как считают в администрации Астраханской области, развитие портовой инфраструктуры на Каспии позволит контролировать 36% торгового потока на море (сейчас не более 16%), направить часть грузопотока из Евросоюза в Южную Азию через территорию среднеазиатских и ближневосточных государств, а также способствовать вовлеченности России и других стран в процесс мировой торговли. Астраханскому региону Правительство РФ сегодня уделяет особо пристальное внимание. Еще в ноябре 2012 г. по решению руководства страны создано единое Федеральное государственное учреждение «Администрация морских портов Каспийского бассейна» (в 2014 г. переименовано в ФГБУ «Администрация морских портов Каспийского моря»). Центр ФГБУ размещен в Астрахани, филиалы – в морских портах Оля и Махачкала. Указанные

меры направлены на увеличение объемов перевозок и переработки грузов в портах Каспийского региона. Порт Махачкала – незамерзающий (широта 43 °).

В соответствии с [1] к 2030 г. российские порты Каспийского моря должны достичь производственной мощности по переработки грузов в 31,7 млн т по базовому сценарию или 34,9 млн т по экспертному. В то же время прогноз грузовой базы российских портов Каспийского бассейна может составить в 2030 г. в соответствии с базовым сценарием 23,9 млн т, коэффициент использования мощности – 75%, а по экспертному сценарию – 34,8 млн т, коэффициент использования мощности – почти 100%. В настоящее время коэффициент использования мощности составляет около 50%.

Мощность морского астраханского порта в настоящее время совокупно составляет до 6 млн т грузов в год. Один только Астраханский порт располагает складскими мощностями общей площадью свыше 200 000 м². Здесь действует более 40 порталных кранов грузоподъемностью от 6 до 27,5 т и 7 мобильных кранов грузоподъемностью от 12 до 75 т. Суммарная длина причальной стенки – 2772 м, глубина у причалов – от 4 до 4,5 м, 8 причалов имеют внутрипортовые железнодорожные линии. Между тем уровень износа имущества в целом по порту доходит до 68%. Среди других недостатков порта – ограниченность территориального развития (например, строительство дополнительных причальных стенок) из-за расположения в городской черте, а также повышенный риск судоходства для морских судов. В числе его достоинств – сильная, разветвленная инфраструктура, выход на внутренние водные пути РФ, выход на автомобильные и железные дороги направления восток–запад и север–юг, исторически отлаженные коммерческие связи, наличие ледокольного флота.

Один из самых молодых портов Российской Федерации – морской порт Оля – расположен на 120 км южнее г. Астрахани, на 67-м км Волго-Каспийского канала. Средняя продолжительность ледового периода здесь составляет 100 дней, максимальная – 148 дней, минимальная – 56 дней. Навигационная доступность в зимний период обеспечивается ледокольной проводкой. Порт занимает территорию площадью 324,8 га и принимает суда с осадкой до 4,5 м. Он рассматривается как универсальный морской порт для перевалки генеральных, контейнерных и автопаромных грузов, навалочных, зерновых, нефтяных, штучно-тарных и опасных грузов. Через него в круглогодичном режиме переваливаются внешнеторговые грузы, следующие по Каспию в иранском, туркменском, казахстанском, индийском направлениях. В настоящее время

в морском порту Оля уже функционирует контейнерный терминал мощностью 400 тыс. т грузов или 45 тыс. штук 20–40-футовых контейнеров в год. Здесь построены и планомерно вводятся в эксплуатацию 9 причалов общей мощностью 2,7 млн т. Для развития морского порта Оля планируется создание нефтехимического терминала мощностью 3 млн. т в год. Сроки реализации строительства – 2015–2017 гг.

Сейчас в рамках развития международного транспортного коридора «север–юг» здесь продолжается активное развитие инфраструктуры, которое осуществляется по схеме государственно-частного партнерства. Первый этап планируется завершить в 2015 г. Концепция развития морского порта Оля предусматривает два этапа: строительство первого грузового района, расположенного в непосредственной близости от села Оля, и второй очереди первого грузового района. В 2012 г. в порту Оля состоялось открытие первого на российском побережье Каспия специализированного зернового терминала мощностью 500 тыс. т злаковых в год при возможности единовременного хранения 36 тыс. т злаковых культур. С его пуском зеротрейдеры Южного Федерального округа получили возможность экспортировать пшеницу на Средний Восток по маршруту международного транспортного коридора «север–юг». В дальнейшем его мощности планируется увеличить до 1 млн. т в год. Развитие морского порта Оля – ключевой проект, способный изменить соотношение транспортных потоков, проходящих через регион Каспийского моря. Среди преимуществ порта – максимальная приближенность к Каспию, большие свободные площади для освоения, неограниченные возможности роста портовых мощностей, внедрения современных интенсивных технологий переработки грузов, инженерного и транспортного обеспечения. Кроме того, район села Оля практически не подвержен опасности предполагаемого подъема Каспия и наводнений, геология позволяет развивать здесь инфраструктуру.

Проблемы зимних навигаций в Волго-Каспийском бассейне связаны с ветрами северо-восточной четверти, которые сплавляют лед в морской части канала и с р. Бахтемир. Большую трудность для проводки караванов представляет дрейф льда от ветров восточных направлений.

При этом флот, работающий в регионе, в большинстве своем морально и физически устарел. И хотя формально суда по категориям ледовых подкреплений соответствуют вводимым Штабом ледокольных проводок ограничениям, однако на протяжении зимней навигации при ледокольной проводке судов чаще всего приходится использовать ме-

год их буксировки ледоколами. Большая часть судов не в состоянии самостоятельно следовать за ледоколом, несмотря на свой ледовый класс и мощность судовой силовой установки.

Кроме того, в порту Астрахань отсутствуют требуемые по ледовому классу и мощности судовой силовой установки буксиры, способные в сложных ледовых условиях эффективно выполнять внутрипортовые проводки. Поэтому для этих целей на возмездной основе привлекаются линейные ледоколы.

И, наконец, в соответствии с заключаемыми договорами ледоколы, работающие в акваториях морских портов Астрахань и Оля, привлекаются к разработке и поддержанию майн паромных переправ для обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов по левому берегу р. Бахтемир, что, очевидно, отвлекает их от проводки транзитных судов.

Росморречфлотом еще в 2012 г. [2] сформулированы направления повышения эффективности зимних навигаций:

- совершенствование тактики ледокольных проводок применительно к фактическим условиям ледового плавания и техническим характеристикам судов;
- организационные мероприятия, формирование караванов судов с учетом потребностей грузовых терминалов;
- информационное обеспечение ледокольных работ, позволяющее всем заинтересованным сторонам (судовладельцам, грузовладельцам, операторам терминалов) получать оперативную информацию по выполняемым операциям.

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 17 марта 2014 г. № 381-р в план мероприятий по развитию конкуренции в сфере услуг в портах внесен ряд предложений, направленных на развитие инфраструктуры портов, в том числе: развитие государственно-частного партнерства, привлечение частных и иностранных инвестиций, оптимизация оказываемых в сфере водного транспорта услуг, государственное регулирование цен на услуги, предоставляемые транспортными организациями, и др.

Очевидно, что перечисленные выше мероприятия, направленные на повышение эффективности работы морских портов в зимних условиях, необходимо реализовывать с учетом основных положений данного распоряжения, что будет способствовать развитию перевозок грузов водным транспортом в Волго-Каспийском бассейне и непосредственно в Астраханском воднотранспортном узле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. – Мат-лы разработки рабочей группы. – М., 2012.
2. http://www.morflot.ru/index.php?news_id=777. ■

Наш корреспондент побеседовал с ректором Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова доктором технических наук, профессором Сергеем Олеговичем Барышниковым.



Беседа получилась достаточно долгой, и в ней было затронуто немало тем.

– Сергей Олегович, из самых свежих новостей, затрагивающих возглавляемый Вами университет, какую Вы хотели бы выделить особо?

– Помимо уже существовавших институтов – Морской академии и Института дополнительного профессионального образования, в которых ведется подготовка по всем морским и речным плавательным специальностям и тренажерная подготовка, мы образовали еще два – Институт международного транспортного менеджмента и Институт водного транспорта.

– Что дает вузу институтская система организации? В чем ее коренное отличие от обычной, факультетской?

– Мы должны идти в ногу со временем, с решениями Министерства образования и Министерства транспорта. Подготовку специалистов сохранили только на эксплуатационных специальностях. Остальное – бакалавриат. В этой связи очень важно усилить научные направления. В университете есть научно-исследовательский сектор. Но нужно привлекать к научной работе кафедры. Как раз это мы и планируем сделать с помощью новой системы организации. Институты получают больше самостоятельности для того, чтобы расширить научную деятельность, чтобы каждая кафедра помимо преподавания вела научную работу. А заработанные в результате средства будут оставаться у них. Кроме того, это может послужить стимулом к омоложению кадров, которое везде проходит довольно тяжело.

«ВОСТРЕБОВАНЫ ВСЕ МОРСКИЕ И РЕЧНЫЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ»

**ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова,
контакт. тел. (812) 322 1031**

Хотелось бы в доходах университета от внебюджетной деятельности какие-то доли закрепить за институтами. Это тоже может дать толчок к их более энергичному развитию.

– Кстати, о доходах. В прежние годы выпускник Макаровки имел преференции: кроме морской романтики – престиж, заграничания, модные вещи, импортную аппаратуру, валюту, чеки в «Альбатросе» ... Сегодня все это стало общедоступным. К тому же складывается впечатление, что наш торговый флот – это то, что осталось от былой советской роскоши.

– Проблема в том, что мы оцениваем современность с позиций прежних времен. Если же говорить о гражданских судах, тут действует принцип: если я не вижу, значит, этого не существует. В реальности на судостроительных предприятиях – очередь на постройку гражданских судов на несколько лет вперед. Что же касается действующего гражданского флота, то тут есть некоторые особенности. Сегодня значительная его часть ходит под иностранным флагом. Одна из причин – огромная пошлина при ввозе и регистрации купленного за границей судна. Получается, что компания с российским капиталом, российским руководством и экипажем, а регистрация – другого государства. При этом налоги, зарплаты – все идет сюда. Так сложилась.

Но ситуация будет меняться. Недавно принят закон о развитии морской деятельности. Его принятие привело к тому, что много судов вернулось под российский флаг, и компании получили возможность заказывать новые суда. Например, «Газпром» строит серию газозубов «Снежная королева». Принято решение, что все, от матроса до капитана на них будут только россияне. Это что касается моря.

Работая над докторской диссертацией, я изучал списки всех российских компаний, которые работают на внутренних водных путях и имеют в своем флоте суда смешанного плавания. Поверьте, это десятки тысяч единиц. Представьте, сколько на них требуется одних только капитанов. А еще ведь нужны офицеры, матро-

сы и так далее. Востребованность в специалистах колоссальная. И получается, что выпускники как высшего образования, так и среднего звена – речь идет об эксплуатационных специальностях – нарасхват. На судах огромная нехватка кадров.

У нас ребята проходят по ходу обучения несколько практик. И как только курсант получил свой первый морской документ, он нарасхват. Ребята ставят на штатные должности. Еще будучи практикантами на судне они получают 1000 долларов. Так что зарплаты неплохие. Другое дело, что работа нелегкая.

Мы говорили о представителях эксплуатационных специальностей. А ведь университет готовит еще специалистов для портов, гидротехнических сооружений. Эти специалисты также очень востребованы, во многих регионах им сразу предоставляют жилье, в частности, на Енисее в Красноярске. И зарплата совсем неплохая. А порты всегда, даже в самые трудные времена, жили хорошо.

– Как вписались в процесс слияния средние учебные заведения, которые сохраняются у вас в системе?

– Они практически ничего не почувствовали – как работали, так и работают. По-прежнему готовят кадры среднего звена, которые очень востребованы.

– Итак, ваши специалисты, получается, обеспечены работой по специальности, но, чего уж греха таить, многие получают высшее образование, чтобы потом работать менеджером в каком-нибудь автосалоне...

– Мы регулярно проводим Дни открытых дверей. И что отрадно, на них все чаще спрашивают: «Где я буду работать?». По таким вопросам понимаешь, что человек идет учиться осознанно. И процент таких студентов год от года растет.

Сразу ответу на возможный вопрос, зачем мы готовим экономистов, юристов. Дескать, пусть этим занимаются большие профильные вузы. Но, как показывает опыт, экономисты из специальных вузов больше заточены на банковскую систему и все, что к ней примыкает. И когда они приходят к нам без знаний специфики работы транспорта, то не понимают, что

считать. И нередко их ошибки приводят к убытку. Поэтому, как правило, сторонние экономисты в системе не приживаются.

Что же касается юристов... Специалистов по морскому праву мало кто готовит, кроме нас. А с речным правом – вообще беда. Там даже водная терминология не отработана как следует. Например, нет четких определений, что такое бакен или судовой ход с юридической точки зрения? Именно поэтому разборчивость большинства аварий ни к чему не приводит. Невозможно доказать вину того или иного судоводителя. И эту работу сделают не выпускники больших университетов, а наши.

– *Каков процент бюджетного и коммерческого образования в университете?*

– Примерно пятьдесят на пятьдесят.

– *Сегодня, как и раньше, главная задача учебного парусника «Мир» – обеспечение плавательной практики?*

– По ходу практик мы выполняем двуединую задачу: не только обучаем курсантов, но еще и воспитываем. Очень часто приезжают ребята из отдаленных деревень и городов, которые даже театра никогда не видели.

Мы стараемся, чтобы каждый поход парусника не был рутинным и работал на патриотическое воспитание. Мы не забываем, что «Мир» – это посланец Санкт-Петербурга, и мы его таким образом и позиционируем. Поэтому ребята участвуют в акциях за рубежом. Так, в этом году День Победы отмечали в Гамбурге, и мы к нему подготовились.

Нынешний год – 70-летия Победы в Великой Отечественной войне. Еще с былых времен больше внимания уделялось центральным и южным участкам фронта, а вот как в войне сражался Север, знают мало. А ведь на Рыбачьем остался участок границы, который немцы так и не смогли преодолеть. Мало кто знает, что от Мурманска остались практически одни печные трубы и, конечно, о героических Северных конвоях!

Поэтому мы решили пройти маршрутом северных полярных конвоев. Парусник «Мир», на котором проходят плавательную практику курсанты ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, в июне в дальнем походе, посвященном 70-летию Великой Победы, посетил и Архангельск.

В прошлом году основным лейтмотивом учебного плавания была Олимпиада в Сочи. Чтобы успеть на нее, вышли в феврале, 45 суток шли без заходов, в жестокие шторма. В Ла-Манше крен доходил до 45 градусов. В Черном море опять попали в жестокий шторм. Но ни один парень не сдался – выдержали все. Сначала работали в порту в качестве волонтеров. А потом пришлось заменить тех, кто сбежал из горного кластера, где было очень тяжело. По итогам Игр многие ребята получили наградные часы от министра транспорта.



Из Сочи мы пошли за иконой Святого Владимира, которая была написана в Александро-Невской лавре, и с ней прошли маршрутом славы Российского флота. И на акваториях морских сражений рассказывали ребятам об истории флота, чтобы привить им гордость за свою страну.

По возвращении мы пришли с этой иконой крестным ходом и водрузили ее в Пантелеймоновской церкви, для которой она и писалась.

– *Скажите несколько слов о связях с новым Северным (Арктическим) университетом?*

– Связи между Государственным университетом морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова и Северным (Арктическим) федеральным университетом имени М. В. Ломоносова, отмечающим в этом году свое пятилетие, – яркий пример дружеских, приносящих взаимную пользу отношений.

Арктическому университету на открытие аудитории имени Иоанна Кронштадтского мы подарили икону с изображением этого святого – в 2015 г. 25-летие его канонизации. Этот святой объединяет нас и архангелогородцев. Иоанн Кронштадтский, а он родом с Поморья, в свое время отслужил молебен в кабине адмирала С. О. Макарова, когда тот отправлялся на войну в Порт-Артур.

В Архангельске состоялся ряд совместных праздничных мероприятий, в том числе в рамках фестиваля «МОРФЕСТ–2015»: торжественные встречи и проводы парусника «Мир», встреча молодежи с Патриархом Московским и Всея Руси Кириллом, «круглый стол» «Арктический университет: постигая Русскую Америку», гала-концерт лауреатов и дипломантов IV Открытого фестиваля искусств САФУ, включая победителей фестиваля «Сияние Арктических морей», конференция «Север в период Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.», подведение итогов второго фестиваля «МОРФЕСТ–2015».

– *Везде «Мир» встречают с интересом, а как его встречают здесь, в нашем городе?*

– При возвращении мы устраиваем «Миру» торжественную встречу. Приходят представители Морского Совета, морской администрации, порта, Росморпорта, Комитета по молодежной политике, Морского Собрания. Но надо помнить, что это – день родителей. Им хочется скорее встретить своих детей. ■

*Материал подготовил
Игорь Осочников*



В продолжение кратко остановимся на некоторых интересных проектах судов и морской техники, реализующих принципы Green Shipping.

На выставке SMM–2014, как обычно [9], прошла церемония вручения приза Ship of the Year, проводимая по инициативе ведущего норвежского морского журнала «Skipsrevyen». «Судном 2014 года» признан экологичный автомобильный паром «ZeroCat 120» (рис. 5), который уже в 2015 г. будет работать в составе флота норвежского паромного оператора «Norled AS». Это катамаран длиной 80 м с легкой алюминиевой конструкцией, состоящей из двух изящных корпусов, и электрической двигательной установкой, изготовленной норвежской «Fjellstrand Shipyard» с аккумуляторами «Siemens», что позволяет исключить вредные выбросы [10]. Компания «Norled AS» становится оператором первого в мире паромы с электрическим двигателем, который будет перевозить со скоростью 10 уз 120 автомобилей и 360 пассажиров, совершая 34 20-минутных рейса между двумя поселками в Sognefjord, а стоянки в течение 10 минут обеспечат полный заряд литиево-полимерной батареи.



Рис. 5. Норвежское «Судно 2014 года» – экологичный паром «ZeroCat 120»

В августе 2014 г. на норвежской верфи «Navyard» в Leivik было сдано в эксплуатацию оффшорное судно «African Inspiration». Заказчиком стала нигерийская компания «Marine Platform», что открыло для норвежских судостроителей и африканский рынок. Контракт с «Navyard Group» был подписан в апреле 2014 г. на второе судно проекта Navyard 857 стоимостью 100 млн. долл., ранее в 2013 г. такое же судно было заказано компанией «Forland Shipping». Корпус судна «African Inspiration» был построен на турецкой верфи «Semre Shipyard» с дальнейшим дооборудованием и сдачей в эксплуатацию на норвежской верфи «Navyard» в Leivik (рис. 6). Судно с экипажем 120 человек имеет длину 113 м и дедевит 5 тыс. т, развивает скорость до 15 уз, оборудовано краном грузоподъемностью 250 т с глубиной работы до 3 тыс. м.



Рис. 6. Оффшорное судно «African Inspiration», оборудованное и сданное в эксплуатацию на норвежской верфи «Navyard» в Leivik

Предъявляемые к оффшорным и обслуживающим судам и конструкциям требования постоянно повышаются и усложняются, в том числе по живучести и пожароустойчивости. Многие из таких судов передаются для работы в режиме walk-

МИРОВОЕ СУДОСТРОЕНИЕ В 2014 Г. – КУРС НА GREEN SHIPPING

ЧАСТЬ 2*

*Е.А. Горин, д-р эконом. наук, гл. науч. сотрудник
Института проблем региональной экономики РАН,
К.С. Чернов, представитель «Hamburg Messe und Congress GmbH»
в Российской Федерации,
gorin_ea@mail.ru, constanta-expo@inbox.ru*

to-work на проектах в различных регионах Мирового океана. Только норвежская компания «Fearnley Offshore Supply» в мае 2014 г. зарегистрировала 13 оффшорных судов с их передачей для работы в датском, английском и немецком секторах Северного моря, на российском шельфе и в Мексиканском заливе. «Marine Assets Corporation» заказала на китайской верфи «Fujian Mawei Shipyard» судно–компактную полупогружную платформу «Olympia» (рис. 7) длиной 84 м и экипажем 430 человек, отмеченную «Offshore Support Journal» как лучшее судно обслуживания – Support Vessel of the Year – на конференции в феврале 2014 г. [11]. Уже в июне этой корпорацией был оформлен заказ на семь компактных полупогружных платформ, а с подразделением «STX Vancouver» разрабатывается более совершенный вариант такого судна.



Рис. 7. Современный дизайн нового серийного однокорпусного вспомогательного оффшорного судна по проекту Ulstein Sea of Solution

Одновременно «ТМА Group» заказала однокорпусное вспомогательное оффшорное судно «Casco Enabler» по отработанному проекту Ulstein Sea of Solution для глубоководных работ повышенной безопасности и комфортным размещением на нем 800 человек – экипажа и персонала, обслуживающего платформы. На судне устанавливается уникальное оборудование: телескопические трапы для перехода рабочих на платформу, кран грузоподъемностью 50 т со стрелой 16 м, системы пожаротушения. Это судно длиной 145 м (рис. 8) будет введено в эксплуатацию в конце 2016 г.



Рис. 8. Современный дизайн судна–компактной полупогружной платформы «Olympia»

Компания «Van Oord» впервые начала эксплуатацию технологического судна для монтажа и обслуживания морских ветрогенераторных платформ. Судно «Aeolus», названное в честь греческого бога ветра (рис. 9), построено германскими

* Часть 1 см. «Морской вестник», 2015, №2, с.109.



Рис. 9. Судно «Aeolus», построенное германскими верфями «Sietas» в Гамбурге и «Lloyd Werft» в Бременхафене, предназначенное для монтажа и обслуживания морских ветрогенераторных платформ

верфями «Sietas» в Гамбурге и «Lloyd Werft» в Бременхафене. Оно вошло в состав высокотехнологичного специализированного флота датской компании «Van Oord» вслед за кабелеукладчиком «Nexus», построенным на «Damen Shipyards».

Первоначальная сборка конструкций выполнялась на гамбургской «Sietas Shipyard», старейшей верфи в Германии, основанной в 1635 г. Кстати, в марте 2014 г. это предприятие было куплено ОАО «Пелла», основные производственные мощности которого находятся в среднем течении реки Нева. Заявлено, что как минимум на ближайшие восемь лет профиль деятельности «Sietas Shipyard» не изменится (рис. 10).



Рис. 10. Строительство современного судна для нужд ветроэнергетики на верфи «Pella Sietas Shipyard»

Финишный монтаж, в том числе установка четырех подвижных опор, были выполнены на «Lloyd Werft», чтобы упростить проход судна вниз по реке Эльба. Каждая из подвижных опор диаметром 4,5 м изготовлена из стального листа толщиной 100 мм, имеет длину 87 м и вес 920 т.

Судно может развивать скорость до 12 уз и работать на глубинах до 55 м, длина корпуса – 139,4 м, осадка – 5,7 м, на палубе площадью 3300 м² можно разместить грузы общим весом 6500 т. Крановая система Mammoet – наибольшая из имеющихся в мире: длина стрелы – 130 м, грузоподъемность – 3800 т [12].

Первой работой для этого необычного судна станет сооружение поля ветрогенераторов Eneco Luchterduinen Offshore Wind Farm на расстоянии 23 км от датского побережья. Затем судно «Aeolus» подключится к Gemini Project, предусматривающему сооружение комплекса в Северном море в 85 км от голландского побережья мощностью 600 МВт, где на глубинах около 35 м установят 150 ветрогенераторов «Siemens» мощностью 4 МВт каждый.



Рис. 11. Монтажное судно-платформа «Pieter Schelte»

Заслуживает упоминания экзотическое и самое большое в мире монтажное судно-платформа «Pieter Schelte» (рис. 11) голландской компании «Allseas», названное в честь основателя компании Pieter Schelte Heerema. Даже сложно назвать это многофункциональное плавсредство судном, однако оно продолжает традиции, заложенные в 1969 г. монокорпусным судном-краном «Challenger» и его дальнейшими модификациями: «Champion», «Thor», «Odin» [13]. Затем эту идею реализовала японская «Mitsui Shipyard» в судах «Balder» и «Hermod», оснащенных кранами грузоподъемностью 5 тыс. т, в дальнейшем модернизированных до грузоподъемности 8 тыс. т. Судно «Pieter Schelte» строится на южнокорейской «Daewoo Shipyard» и представляет собой большой катамаран длиной 382 м и шириной 124 м. Первым нефтяным проектом, где будет использовано это судно, станет «Brent Field» компании «Shell» в Северном море в 186 км от побережья Шотландии, где на глубинах около 140 м будет осуществлен монтаж четырех добычных платформ весом до 30 тыс. т каждая.

Создание скоростных и экономичных транспортных магистральных судов для обслуживания крупных шельфовых проектов – цель новой голландской компании «BigRoll Shipping» [14]. Первое такое инновационное судно «BigRoll Barentsz» было заложено в июне 2014 г. на китайской верфи «Cosco Dalian Shipyard» (рис. 12) со сроком сдачи в октябре 2015 г. Затем еще будут строиться суда ледового класса этой серии: «BigRoll Bering», «BigRoll Baffin» и «BigRoll Beaufort» длиной 173 м и шириной 42 м, дедевейтом 22 500 т и рабочей палубой размерами 125×42 м.



Рис. 12. Транспортное судно «BigRoll Barentsz» компании «BigRoll Shipping»

Компания «Arctech Helsinki Shipyard», контролируемая ОАО «Объединенная судостроительная корпорация», продолжает поставку судов для ОАО «Совкомфлот» для использования в северных широтах: будет построено три многофункциональных ледокола со сроком сдачи на конец 2016 г. – начало 2017 г. Проект судов разработан компанией «Aker Arctic» и продолжает серию ледоколов типа «Витус Беринг»,

вступивших в строй в 2012 и 2013 гг., но с учетом условий круглогодичной эксплуатации в Охотском море на проекте «Сахалин-2». Одновременно на этой верфи строится судно снабжения морских платформ ледового класса также для использования в Охотском море. Судовые секции и ряд блоков для строящихся заказов поставляет ОАО «Выборгский судостроительный завод».

Здесь же напомним, что в феврале 2014 г. ОАО «Совкомфлот» приняло в эксплуатацию второй танкер VLCC серии «Свет» дедвейтом 320 тыс.т, названный «СКФ Шанхай» и ставший одним из крупнейших танкеров российского торгового флота. Размеры судна: длина – 332 м, ширина – 60 м, высота – 30,05 м, осадка – 22,6 м, эксплуатационная скорость – 16 уз, экипаж – 22 человека. Судно построено на китайской верфи «Bohai Shipbuilding Heavy Industry Co.», полностью удовлетворяет всем международным требованиям по безопасности норвежского классификационного общества Det Norske Veritas и может эксплуатироваться без ограничения района плавания.

Ледокольный флот также начинает использовать в качестве топлива LNG. Компания «Deltamarine» работает с «Arctech Helsinki Shipyard» по созданию первого такого судна для Finnish Transport Agency, ориентируясь на снижение вредных выбросов, поскольку ледокол предназначен для эксплуатации в Балтийском море уже с начала 2016 г. [15].

Сохраняется интерес европейских компаний к быстро развивающемуся нефтегазовому рынку Бразилии. Ожидается, что добыча углеводородов на бразильском шельфе может достигать 6 млн. баррелей в сутки к 2030 г. и существенно превысит объемы добычи в других нефтеносных регионах мира [16]. Достаточно отметить мощный подъем судостроения в этой стране. Несколько пенсионных фондов, три инвестиционных банка, группа EIG из США, частные инвесторы и, конечно, бразильская компания «Petrobras» уже вложили 6,4 млрд. долл. в строительство 29 платформ на 5 бразильских судостроительных предприятиях (рис. 13), планируются дальнейшие инвестиции. В период 2013–2020 гг. намечено строительство 88 танкеров, 198 офшорных и обслуживающих судов, 36 добычных платформ, 28 буровых платформ и судов. Около 40 % сложного оборудования для комплектации продукции бразильских верфей будет закупаться за рубежом, в первую очередь, в Норвегии, США, Великобритании и Германии. В настоящее время в этом регионе активно используются суда зарубежных судовладельцев, представлены суда 15 компаний, в том числе 6 норвежских. Так, компания «Farstad Offshore» из норвежского города Олесунд эксплуатирует в Бразилии до



Рис. 13. Бразильская морская платформа «Petrobras 50»

18 офшорных и буксирных судов, «Maersk Supply Service» – 15, «Norskan/Dof Subsea» – до 25 [17].

Нельзя не упомянуть крупнотоннажные проекты, среди которых отмеченное «The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers» в качестве «Судна года 2013» – бал-



Рис. 14. Балкер «M.S.RAGA» водоизмещением 95 тыс.т, построенный на японской верфи «Ibamaru Shipbuilding»

кер «M.S.RAGA» водоизмещением 95 тыс.т, построенный на японской верфи «Ibamaru Shipbuilding» (рис. 14). Почетное звание принесла судну оригинальная конструкция надстройки с низким ветровым сопротивлением и укрытием для экипажа на случай опасности, разработанная с участием английской фирмы «Control Risk» и получившая название «Aero-Citadel». Снижение парусности во время движения до 30 % позволяет экономить до 2 % топлива при скорости ветра 9 м/с, а применение диодных светильников в жилых и служебных помещениях уменьшает энергопотребление в два раза.

Одновременно можно отметить заказ европейской Scorpio Group на строительство трех контейнеровозов на 20 тыс. TEU на южнокорейской верфи компании «Samsung Heavy Industries». В случае сдачи в эксплуатацию уже в 2016 г. эти суда, пожалуй, можно будет отнести к самым крупным в мировом торговом флоте [18].

К категории экологичных и экономичных судов, несомненно, относится построенный для компании «Kyo-ei Tanker» супертанкер типа VLCC, названный «Kyo-Ei» дедвейтом 310 тыс.т. Тем не менее сегодня для японских судостроителей характерна тенденция увеличения числа заказов среднетоннажных судов, в том числе балкеров класса от Panamax до Handysize или газозовов LPG.

В любом случае объемы существующего и строящегося мирового гражданского флота, шельфовых и береговых сооружений таковы, что как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации экономичность и экологичность становятся приоритетами судостроения и морского транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

9. Морские технологии на «NorShipping-2013»: достижения и проблемы // Морской вестник. – 2013. – № 3 (47). – С. 33–36
10. Ship of the Year 2014: all-electric car ferry ZeroCat 120 // SMM Daily News. – 2014. – № 3. – П. 1–2.
11. Fire-Fighting and Stability Key Issues for New Units // Offshore Support Journal. – 2014. – Vol. 17. – № 6. – P. 63–64.
12. Keeper of the Winds – German Yards Deliver Aeolus // ShipBuilding Industry. – 2014. – Vol. 8. – № 4. – P. 14–20.
13. First Project Removal of Yme Platform // Offshore Holland. – 2014. – № 9. – P. 4–9.
14. BigRoll Shipping looks to future with a healthy dose of tension // Offshore Holland. – 2014. – № 9. – P. 15–17.
15. Technology for the first LNG-powered icebreaker // HANSA International Maritime Journal. – 2014. – Vol. 151. – № 9. – P.10.
16. Brazil's multi billion dollar market – window of opportunity // HANSA International Maritime Journal. – 2014. – Vol.151. – № 9. – P. 90–92.
17. Farstad focuses firmly on Brazilian offshore sector // Offshore Support Journal. – 2014. – Vol. 17. – № 6. – P. 27–28.
18. 19200 TEU vessels ordered? // HANSA International Maritime

23-24 июня 2015 г. в Санкт-Петербурге прошла Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные задачи развития судостроения и судоходства», проведение которой было приурочено к двум событиям: 100-летию со дня образования Научно-технического совета Российского морского регистра судоходства (РС) и 125-летию со дня рождения Николая Евграфовича Путова, выдающегося ученого в области проектирования конструкций корпуса морских судов, профессора Ленинградского кораблестроительного института, члена Научно-технического совета РС.

В мероприятии приняли участие около 100 специалистов из ведущих судостроительных предприятий, конструкторских бюро, инженерных центров, учебных и научных организаций, судоходных компаний. Среди них – представители Крыловского ГИИ, ЦНИИМФ, КБ «Малахит», КБ «Вымпел», ФГУП «Атомфлот», НК «Роснефть», компаний групп «Газпром» и «Лукойл», а также студенты, аспиранты и преподаватели профильных университетов – СПбГМТУ, СПбПУ, ДВФУ и др.

Организаторами конференции стали Российский морской регистр судоходства, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет и ПАО «Совкомфлот». Выбранный формат оргкомитета, состоящий из организации, ведущей широкий спектр научно-исследовательских работ и подготовку кадров, и организации, занимающейся непосредственной эксплуатацией судов, а также классификационного общества позволил сфокусировать тематику докладов исключительно на практические вопросы развития судостроения и судоходства. Организаторы отмечают, что подобные мероприятия создают предпосылки для коммерциализации результатов выполненных исследований: позволяют более четко обозначить не только наукоемкость, но и коммерческую привлекательность результатов.



Пресс-брифинг организаторов конференции (РС, СПбГМТУ, «Совкомфлот»)

На пресс-брифинге, посвященном открытию конференции, начальник научно-исследовательского отдела РС Максим Бойко отметил, что «образование, наука, эксплуатация и безопас-

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОХОДСТВА»

**ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,
контакт. тел. (812) 380 2072**

ность в современной морской индустрии – это звенья одной цепи. Конференция является первым в новейшей истории РС мероприятием с таким серьезным и глубоким погружением именно в технические аспекты развития современного судостроения и судоходства. Идея собрать на одной площадке представителей разных областей морской индустрии – проектантов, судостроителей, эксплуатационников, представителей профильных вузов – для обсуждения практических вопросов позволит нам лучше услышать наших клиентов, с которыми мы ведем постоянный профессиональный диалог. Многие из тем, освещенных на конференции, станут основой для разработки и совершенствования нормативной базы Регистра».



Доклад И. Тонковидова (ПАО «Совкомфлот»)

В своем выступлении первый заместитель генерального директора – главный инженер ПАО «Совкомфлот» Игорь Тонковидов озвучил цели конференции: «Провести диалог между проектантами, судостроителями и операционными компаниями. Сюда каждый приносит свой опыт. В работе не всегда видны проблемы и приоритеты, которые стоят на разных ее этапах». В основной части доклада И. Тонковидов подчеркнул необходимость учитывать фактор энергоэффективности судов и энергосбережения на флоте и поделился опытом выполнения ПАО «Совкомфлот» мониторинга энергетической эффективности на всех стадиях жизненного цикла судна.

Необходимость качественной подготовки квалифицированных кадров для морской отрасли – еще одна ключевая тема, обозначенная организаторами конференции. Владимир Тряскин, проректор по учебной работе СПбГМТУ, подчеркнул: «Сейчас потребность всех судостроительных и судоремонтных



Доклад В. Тряскина (СПбГМТУ)

предприятий России в выпускниках «Корабелки» составляет около тысячи человек ежегодно. В данный момент 80% выпускников СПбГМТУ идут работать по специальности». Отмечая интерес к конференции со стороны учащихся вузов, он сказал: «Для студентов присутствие на мероприятии нужно прежде всего для расширения кругозора, компетенций. Аспирантам участие позволяет приобрести опыт публичных выступлений, отстаивания своей правоты». В основной части своего доклада В. Тряскин рассказал о текущем состоянии образовательной и научно-исследовательской деятельности университета, обозначил перспективы дальнейшего развития.

Доклады, представленные на конференции, были разделены по секциям. В первый день были заслушаны доклады по общим вопросам развития нормативных документов, в том числе применению требований Полярного Кодекса ИМО, вопросам стандартизации в судостроении, а также анализу состава флота, судоремонта и судовым двигателям. Второй день был посвящен вопросам проектирования конструкций корпуса судов ледового плавания и объектов морского шельфа, аспектам расчета усталостной долговечности корпусных конструкций, композитным материалам, применению энергосберегающих технологий и импортозамещению в области электрооборудования и установок для очистки балластных вод.

Все материалы конференции, в том числе тезисы докладов и презентации, размещены в свободном доступе на сайте РС (www.rs-class.org) в разделе «Семинары РС». Многие из представленных материалов будут включены в «Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства», который также размещается в свободном доступе на сайте РС. ■

Успешно завершил свою работу седьмой Международный военно-морской салон, являющийся одной из ведущих мировых выставок в области кораблестроения, морского вооружения и судостроения. Результаты проведения Салона свидетельствуют о его высокой востребованности со стороны предприятий морской отрасли. Вновь подтверждены высокий статус события и его место в мировой системе выставок вооружения и техники.

Участниками экспозиции МВМС–2015 стали 423 предприятия из 28 стран, из них 40 – иностранные компании. Экспозиция Салона разместилась на 17 тыс. м² выставочной площади в павильонах, а также на открытых площадях, у причалов Морского вокзала и на акватории, прилегающей к выставочному комплексу. В числе участников были все ведущие предприятия морской отрасли России. Значительные площади экспозиции заняли производители судового комплектующего оборудования, приборов, электронных компонентов, информационных технологий и продукции двойного назначения.

Широкий формат МВМС–2015 позволил представить продукцию предприятий не только на стендах и в виде натуральных образцов у причалов, на открытых площадях, прилегающей акватории, но и показать морское артиллерийское вооружение в действии на полигоне. В рамках Салона было проведено 4 научно-практические конференции, а также 20 конгрессно-деловых и протокольных мероприятий («круглые столы», семинары, презентации продукции и предприятий, пресс-конференции и др.). В демонстрационном разделе у причалов Морского вокзала и на акватории были представлены корабли и катера из состава МО РФ, ФСБ РФ, МЧС РФ:

- дизель-электрическая подводная лодка «Старый Оскол» пр. 06363;
- корвет «Стойкий» пр. 20380;
- десантный корабль на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр»;
- десантный катер пр. 21820 «Дюгонь»;
- десантный катер пр. 11770 «Серна»;
- базовый тральщик пр. 12700 «Александрит»;
- патрульный катер пр. 12150;
- многофункциональный модульный катер поисково-спасательного обеспечения пр. 23370;
- противодиверсионный катер пр. 21980 «Грачонок»;
- патрульный катер пр. 03160 «Раптор»;
- пограничный сторожевой катер пр. 12150;
- морской поисково-спасательный катер пр. 12150.

У причалов выставочного комплекса демонстрировались 27 катеров предприятий–участников экспозиции.

На полигоне МО РФ «Ржевка» для официальных иностранных делегаций и представителей СМИ были продемонстрированы в действии морские артиллерийские системы:

- 130-мм универсальная корабельная артиллерийская установка А-192Э;
- 130-мм корабельная артиллерийская установка АК-130;
- 100-мм корабельная автоматическая артиллерийская установка А-190Э;
- 100-мм артиллерийская установка АК-100;
- 76-мм артиллерийская установка АК-176М;
- 30-мм артиллерийская установка АК-230М;
- 30-мм облегченная артиллерийская установка АК-306;
- 30-мм артиллерийская установка АК-630М;
- 25-мм артиллерийская установка 2М-3;
- противодиверсионный гранатомет МРГ-1 «Огонек».

ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОГО ВОЕННО-МОРСКОГО САЛОНА 2015 ГОДА

Пресс-служба ЗАО «Морской Салон»,
www.navalshow.ru



В МВМС–2015 приняли участие 46 официальных делегаций из 39 государств, были представлены практически все страны, занимающиеся производством и эксплуатацией морской техники. В составе делегаций прибыли два заместителя министров обороны, девять главнокомандующих военно-морскими силами и другие высокопоставленные официальные лица. Обширная программа работы делегаций выполнена полностью, ее формат и объем превысили аналогичные показатели предыдущих Салонов.

Официальные иностранные делегации посетили ФГУП «Крыловский государственный научный центр», АО «Северное ПКБ», АО «ЦМКБ «Алмаз», ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО Судостроительный завод «Северная верфь», АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ООО «Балтийский завод–Судостроение», и ОАО «Средне-Невский судостроительный завод».

Проведено более 80 официальных переговоров с участием Главнокомандующего ВМФ России, должностных лиц ФСВТС России, представителей ОАО «Рособоронэкспорт» и АО «ОСК». В работе МВМС–2015 приняли участие свыше 43 тыс. специалистов.

Результаты Салона свидетельствуют о том, что российские и зарубежные предприятия ведут активную маркетинговую политику, направленную на расширение своего участия в международной кооперации, связанной с разработкой и производством таких сложных технических систем, как боевые корабли.

В рамках Салона проведена ставшая уже традиционной парусная регата на приз МВМС.

Информационное сопровождение Салона и организацию пресс-центра МВМС–2015 осуществлял Санкт-Петербургский региональный информационный центр ТАСС, работу Салона освещали 467 журналистов из 153 средств массовой информации.

Учитывая связь многих жителей Санкт-Петербурга с морской отраслью, традиции и интерес к событию, жителям и гостям города была предоставлена возможность посетить экспозицию, увидеть боевые корабли у причалов и посмотреть демонстрационные полеты авиационных групп высшего пилотажа «Русские витязи», «Стрижи» и «Русь», а также показательные выступления парашютно-десантной службы 118-го отдельного учебного центра специального назначения.

Салон доказал свою высокую эффективность и востребованность.

Решением организационного комитета по подготовке и проведению МВМС определена дата проведения следующего Салона – он пройдет с 28 июня по 2 июля 2017 г. ■

Издательство «Гангут» выпустило в свет мемуары видного отечественного конструктора-кораблестроителя Ореста Федоровича Якоба, охватывающие период с 1915 и до 1945 г., который был богат важнейшими событиями в жизни нашей страны: это Первая мировая и Гражданская войны, революция и строительство социализма, восстановление и бурное развитие отечественной промышленности в 20-е и 30-е гг. прошлого века, возрождение военного и гражданского флотов, строительство «большого сталинского флота» и наконец Великая Отечественная война.

О. Ф. Якоб родился 12 октября 1897 г. в г. Великие Луки. С четвертого-пятого классов гимназии он стал мечтать о кораблестроении. Сделаться инженером-кораблестроителем или, как тогда говорили, морским инженером, можно было, окончив кораблестроительное отделение Санкт-Петербургского политехнического института императора Петра Первого. Принимали в Политехнический институт в те годы не на основе результатов приемных экзаменов, а по конкурсу аттестатов.



О.Ф. Якоб

Кораблестроительное отделение института было по численности самым малым из всех пяти отделений, которые в то время существовали в Политехническом институте. Ежегодный прием студентов на кораблестроительное отделение не превышал 80–100 человек, а желающих поступить было во много раз больше. Поступить наверняка можно было, только имея золотую медаль за окончание средней школы, и Орест получил ее, сдав на «отлично» все экзамены на аттестат зрелости.

В 1915 г. отец О. Ф. Якоба вышел в отставку, и семья переехала из Иркутска, где она проживала, в Петроград.

В том же году отмечался особенно большой наплыв поступающих в Политехнический институт. На кораблестроительное отделение на 80 вакансий было подано только медалистами 160 прошений. Впервые между

О.Ф. ЯКОБ - СОЗДАТЕЛЬ ПЕРВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАКЕТНЫХ КОРАБЛЕЙ

В.Е. Юхнин, д-р техн. наук, проф., академик РИА, АО «Северное ПКБ», контакт. тел. (812) 784 7674, 936 7132

имеющими золотые медали была проведена жеребьевка. Оресту Федоровичу повезло, он вытянул «счастливый» билет и был принят в число студентов Политехнического института. Деканом кораблестроительного факультета был Константин Петрович Боклевский – кумир студентов-кораблестроителей того времени.

Представление молодого студента Константину Петровичу выглядело как торжественная церемония: к нему в кабинет заходили по одному. Константин Петрович, сидевший за большим письменным столом, при входе студента вставал, приветливо здоровался с ним, пожимая руку, приглашал сесть и начинал беседу. Расспрашивал про прошлую жизнь, интересовался домашними делами, материальным положением, спрашивал, как студент устроился в Петрограде, говорил о значении отечественного кораблестроения, пояснял, что ждет в будущем инженера, окончившего институт. Всю беседу вел в самых дружественных тонах. Своего собеседника называл по имени-отчеству, что для молодого студента, привыкшего к вызову по фамилии, было новым и льстило самолюбию. К. П. Боклевский помнил всех студентов-кораблестроителей и всегда обращался к каждому по имени-отчеству. Тем, что всех своих студентов он хорошо знает, Константин Петрович гордился. К тому же он искренне любил студентов, держал себя как старший товарищ, как отец. На помощь Константина Петровича мог смело рассчитывать любой из них. Но и студенты обожали Боклевского. Его ценили как профессора и декана, с его мнением считались во всем. И в своих воспоминаниях О. Ф. Якоб неоднократно упоминает К. П. Боклевского как искреннейшего, честнейшего человека, глубоко любившего свою Родину. Он принял революцию и отдавал работе все свои силы. Не все нравилось ему в создавшейся обстановке, и он не скрывал этого. Отношения с общественными и партийными организациями у Константина Петровича никак не налаживались. И он не считал для себя более возможным оставаться деканом кораблестроительного отделения, которое потом стало называться Кораблестроительным факультетом и уступил пост декана В. Л. Поздонинову, несравненно лучше освоившемуся в сложившейся обстановке.

Безусловно, К. П. Боклевский оказал огромное влияние на своих студентов, в том числе на О. Ф. Якоба, который на протяжении своей жизни был образцом тактичности, вежливости и скромности.

В 1916 г. он поступает вольноопределяющимся в армию в кавалерийский полк. Научился прилично ездить верхом, владеть шашкой и пикой, которая в то время еще была на вооружении кавалерии, освоил винтовку. В рядах своего эскадрона он встретил Февральскую революцию.

В июне 1917 г. был направлен на фронт под Ригу. Полк стоял на охране побережья на случай высадки десанта и рассредоточен по отдельным селениям и заброшенным имениям баронов. Большое начальство было далеко, и солдаты блаженствовали, живя в условиях почти курортных. Служба в «старой» армии продолжалась до начала 1918 г.

После демобилизации возвратиться сразу в институт не удалось. Пришлось поступить работать сначала на Ремонтно-автомобильный завод в Петрограде, а через год воспитателем в детдом «Детская трудовая коммуна имени Ленина».

В 1919 г. Орест Федорович был призван в Красную Армию. Служил сначала в Отдельном Петроградском конном дивизионе Особого назначения, затем в Запасном артиллерийском дивизионе Петроградского военного округа. В сентябре 1920 г. вышел декрет об отзыве из Красной Армии для завершения образования студентов, имеющих не менее пяти зачетов, а у О. Ф. Якоба было за первый курс одиннадцать зачетов. Предоставив необходимую справку, он был откомандирован в институт для продолжения учебы. Вернувшиеся в институт студенты занимались с упоением, отдавая учению все время, которое только удавалось выкроить. Учиться было нелегко. Обеспеченных материально было меньшинство. Большинство вынуждено было зарабатывать себе на жизнь. Стипендий в то время не существовало. Еще сохранялась оплата за обучение. При этом плата за учение назначалась в зависимости от материального положения студента. Необеспеченных студентов от платы за учебу освобождали, в том числе и Ореста Федоровича. Но нужно было как-то кормиться. Студенты создавали многочисленные трудовые артели. Работали главным образом грузчиками

в порту. Иногда разгружали железнодорожные составы на товарных станциях. Часто работали ночами, чтобы иметь возможность днем посещать институт.

Последние два года пребывания в институте Оресту Федоровичу «повезло»: в 1923 г. он был направлен на летнюю практику в Северо-Западное речное пароходство в Шлиссельбург. Работал там до самого ледостава, потом увольнялся до весны, а ранней весной снова начинал работу в очередную навигацию.

В стране царили разруха и голод. Деньги обесценивались, копить их из-за резкого падения курса было бессмысленно. На зиму запасались провизией: крупой, сухарями и подсолнечным маслом. Проблемой стало «путешествие» в институт: трамваи почти не ходили, да и пользоваться ими не всегда хватало средств. Большею частью до института добирались пешком, два часа туда и два часа обратно. В институте очень часто и надолго отключалось электрическое освещение. Иметь керосиновую лампу было недоступной роскошью, приходилось довольствоваться «коптилками», сооруженными из аптечного пузырька и тонкой трубочки с фитильком из ваты.

Трудно было и с бумагой, карандашами и другими письменными и чертежными принадлежностями, и стоили они слишком дорого. Чертежи выполняли большей частью на оборотной стороне старых чертежей, которые можно было получить в институте. Много было и других трудностей, вызванных послевоенной разрухой.

Значительная часть воспоминаний О. Ф. Якоба посвящена профессорам института: К. П. Боклевскому, В. Л. Позднину, И. В. Мещерскому, Б. Г. Харитонову, И. Н. Воскресенскому и многим другим.

В январе 1925 г. О. Ф. Якоб защитил дипломный проект. Направление на работу в то время не давали, каждый должен был устраиваться как мог. И Орест Федорович выбрал Северную судостроительную верфь, с которой оказалась связана вся его дальнейшая жизнь. Летом того же года на «Северную верфь» пришел работать и В. А. Никитин, с которым в дальнейшем О. Ф. Якоб работал многие годы. Центральные конструкторских бюро тогда не существовало, и все вопросы проектирования решали заводские КБ.

С ростом бюро изменилась и его организация, увеличившиеся объемы работ потребовали разделения КБ на два отдела – военного и коммерческого судостроения. Основной работой обоих отделов в то время был выпуск рабочих чертежей на перестройку крейсера «Адмирал Свиридов» в нефтеналивное судно «Грознефть» и по постройке новых рефрижераторных теплоходов.

Работы по постройке новых судов давались «Северной верфи» трудно. Во-первых, это были первые после революции шаги по постройке крупных судов. Во-вторых, за время Гражданской войны были растеряны кадры опытных судостроителей. Наконец, постройку рефрижераторов следовало вести по правилам иностранных классификационных обществ, с требованиями которых наши судостроители были незнакомы. К тому же за строительством вели наблюдение иностранные инспекторы. Все рабочие чертежи представлялись им на утверждение, а основные посылались в Англию в центральное бюро Ллойда. Но, несмотря на все сложности, неувязки и задержки в работе, теплоходы получались удачными, и Совторгфлот выдал заказ на постройку еще четырех судов подобного типа. Их постройка пошла уже значительно легче. Строительство первых рефрижераторных товаропассажирских судов велось по правилам и под наблюдением иностранного классификационного общества, так как Регистр СССР в то время еще не имел всемирного признания, а для получения права перевозки пассажиров из иностранных портов и страховки перевозимых грузов все коммерческие суда должны иметь класс одного из признанных классификационных обществ. В качестве такого общества заказчиком Совкомфлотом был выбран Английский Ллойд как наиболее авторитетное классификационное общество. При этом строящиеся суда должны были иметь высший класс, а для этого строительство их должно было вестись под непосредственным наблюдением инспекторов Ллойда. Вместе с тем не исключалось наблюдение за постройкой и отечественного Регистра. Приходилось угождать всем: и Английскому Ллойд и Регистру СССР. Дело осложнялось тем, что в начале постройки в СССР не было полного комплекта английских правил. Когда наконец все необходимые материалы были получены, возникло новое затруднение – незнание большинством работников верфи английского языка.

Были организованы кружки изучения английского языка, занимались самостоятельно. Нужно было спешно переводить полученные английские правила на русский язык, чтобы ими могли пользоваться работники бюро, которым требовалось соблюдать эти правила.

После рефрижераторных теплоходов верфь получила заказы на постройку ряда сухогрузных теплоходов для Черноморско-Балтийской линии. Эти суда, проект которых был разработан «Судопроект», строились тремя сериями в 1928–1936 г. Вся рабочая документация выпускалась техническим бюро завода им. Жданова, которое уже име-

ло достаточный опыт проектирования, а Регистр СССР уже получил всемирное признание, и необходимость в наблюдении иностранных классификационных обществ отпала.

В 1929–1930 гг. техническое бюро выпускало рабочую документацию на рыболовные траулеры, строившиеся большой серией по заказу Севгосрыбтреста. Проект этих траулеров был приобретен в Германии, а российское бюро только перерабатывало немецкую документацию. Руководство выпуском этой документации было поручено О. Ф. Якобу, так как он намного лучше других знал немецкий язык.

За время своего существования, с начала восстановления промышленности и до 1930 г., техническое бюро верфи выросло и окрепло. Постройка ряда военных кораблей и гражданских судов обогатили его большим и ценным опытом. Но в конце 1930 г. было принято решение создать на основе заводских КБ центральные конструкторские бюро. Заранее узнав о намеченной реорганизации, руководство верфи с целью сохранения на заводе своих конструкторских кадров стало переводить ряд работников заводского КБ в цеха, перевели и О. Ф. Якоба. В начале 1931 г. все конструкторы были переведены в центральные бюро, и завод оказался без собственного КБ. Однако жизнь показала, что без своего бюро завод жить не может. В июле 1932 г. был издан приказ об организации такого бюро. О. Ф. Якоб был назначен его начальником. В 1935 г. было принято решение строить на заводе имени А. А. Жданова («Северная верфь») лидер типа «Ташкент» по образцу строившегося по заказу СССР в Италии фирмой «Орландо».

Наблюдение за постройкой этого корабля вела в Италии комиссия под представительством М. Н. Жукова. Комплект рабочих чертежей пересылали в Союз. После соотвествующей переработки по этим чертежам одноипный корабль было поручено строить заводу им. А. А. Жданова. Работы по лидерам типа «Ташкент» были заводом начаты, закончена разбивка плаза, но постройка кораблей распоряжением наркомата была сначала остановлена, а потом и прекращена.

В 1934 г. специальным постановлением правительства было принято решение при непосредственном участии самого Сталина о строительстве большой серии новых эсминцев. Серия этих эсминцев стала называться «сталинской» серией. Разработка проекта новых эсминцев, получившего номер 7, была поручении ЦКБ специального судостроения (на ЦКБ-17). Главным инженером этого бюро был в то время В. А. Никитин. Теоретический чертеж для нового эсминца был взят итальянской фирмы

«Ансальдо», корабли которой отличались высокими скоростными показателями. Проверка качества принятых обводов была проведена прокаткой моделей в римском и параллельно в венском опытовых бассейнах в присутствии наших представителей. Новые эсминцы должны были развивать скорость полного хода не менее 38 уз. Во всем остальном проект разрабатывался по своему ТТЗ, выданному ВМФ.

есть, в основном о применении линейного или эшелонного расположения механизмов, неосторожно высказался: «Для крупных кораблей эшелонное расположение механизмов необходимо. Эсминцам достаточно иметь линейное расположение. Им повышенная живучесть и непотопляемость не требуется. Эсминцы – расходный материал». Это замечание вызвало жесткую отповедь Сталина: «Как? Наши корабли – расход-

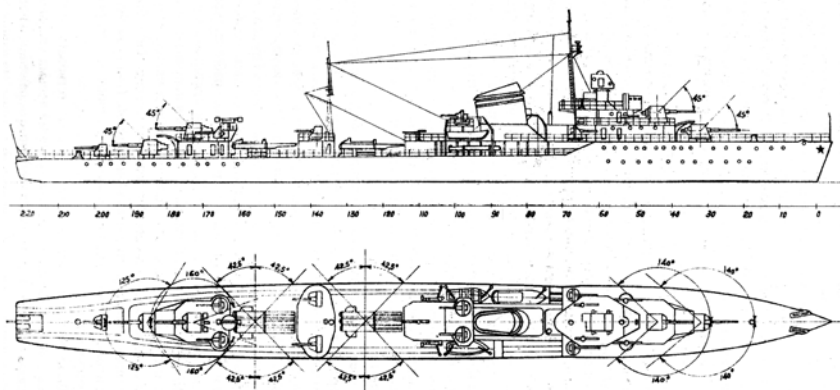
Работа была поручена КБ завода им. Жданова, а не ЦКБ-17 – проектанту «семерок», так как к тому времени весь выпуск технической документации по пр. 7 был закончен и головной корабль проекта – эсминец «Гневный» – сдан флоту. Дальнейшее обслуживание постройки серийных кораблей вело КБ завода им. Жданова.

ЦКБ-17 за выполненный проект получило хороший отзыв. Похвалы, правда, удостоились не все. Основной исполнитель проекта, фактически главный конструктор его О. П. Трахтенберг, был в годы «ежовщины» вместе со многими другими работниками ЦКБ и заводов арестован, реабилитирован же только после своей смерти.

Работа в КБ завода им. Жданова закипела. Жесткий срок и прямое указание о недопустимости малейшего запоздания вынуждали трудиться до глубокой ночи ежедневно, без всяких выходных. Работы было много. Вместо трех котлов предстояло установить четыре. Пришлось переделать расположение всей средней части корабля. Появилась вторая дымовая труба. Рассмотрены были конструкции и главных турбин, полной переделке подверглось все оборудование жилых и служебных помещений. Удалось вместо трех зенитных орудий калибром 45 мм поставить четыре такие установки.

В 1940 г. на заводе им. Жданова были построены три эсминца измененного пр. 7У. Такими же темпами велась постройка эсминцев пр. 7У и на других заводах: Балтийском, Николаевском им. 61 Коммунаров и в Комсомольске-на-Амуре.

С началом Великой Отечественной войны проявились недостатки кораблей пр. 7 и пр. 7У. Прежде всего это касалось прочности. Несколько кораблей погибли, буквально переломившись на большом волнении. Как выяснилось при тщательном рассмотрении этих аварий, причиной их повреждений и гибели была неправильная система набора кор-



Эскадренный миноносец пр. 7 (наружный вид и вид сверху)

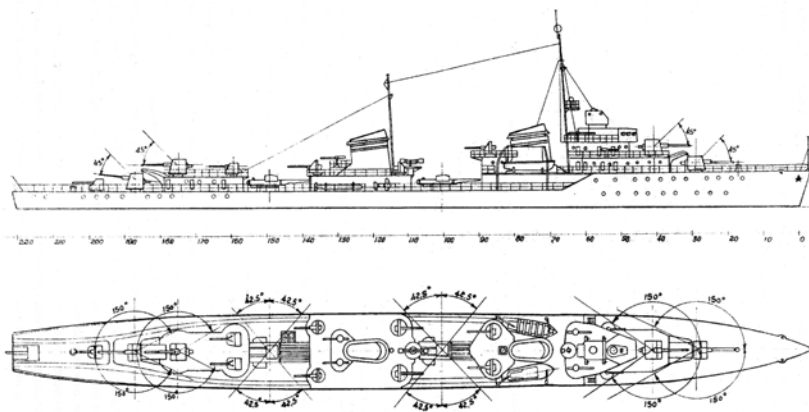
Следует отметить, что при разработке проекта и даже выпуске рабочих чертежей в первоначальное задание непрерывно вносились изменения и дополнения. Перегрузка кораблей по сравнению с эскизным проектом составила: для стандартного водоизмещения – 475 т, или 34%; для нормального водоизмещения – 567 т, или 27%; для полного водоизмещения – 582 т, или 24%. Такая баснословная перегрузка озадачила и самого проектанта, так как оказалась для него совершенно неожиданной. «Расшифровать» допущенную перегрузку до конца так и не удалось. Ясно было только одно: постановка дела в ЦКБ была совершенно неудовлетворительна, авторский надзор за постройкой головного корабля отсутствовал. К весовой дисциплине заводы-строители относились крайне пренебрежительно. Эти недостатки в работе как проектных организаций, так и заводов были окончательно изжиты только в 1950–1951 гг. после крупных неприятностей, пережитых при постройке кораблей пр. 30бис и пр. 41.

Постройка первых эсминцев велась под пристальным вниманием Наркомата судостроительной промышленности и ВМФ – обязывало само название серии.

На одном из совещаний под председательством Сталина рассматривался вопрос об использовании в случае войны кораблей нашего флота. В частности, анализировали проблему живучести и непотопляемости кораблей различных классов. И вот один из участников совещания, говоря о конструкциях, обеспечивающих живучесть и непотопля-

ный материал? А наши люди, которые плавают на этих кораблях, тоже расходный материал?»

После этого и ГУК ВМФ, и Главный штаб ВМФ, и Наркомат судостроения развили бурную деятельность. Постройка «семерок» была прекращена, а КБ завода им. Жданова было выдано задание в месячный срок переработать пр. 7 с тем, чтобы, сохранив основной корпус, построить корабль с эшелонным расположением энергетической установки. Объем переделок конструкций кораблей пр. 7 должен быть минимальным, чтобы сохранить всю оснастку, имеющуюся на заводах, и не сорвать их производственные программы. А «семерки» строились на заводе им. А. А. Жданова, на Николаевском заводе им. 61 Коммунаров, и на Комсомольском заводе на Дальнем Востоке.



Эскадренный миноносец пр. 7У (наружный вид и вид сверху)

пуса. То, что кажется сегодня очевидным и абсолютно необходимым для обеспечения достаточной прочности, в то время не было в поле внимания даже таких опытных и высокоэрудированных инженеров, как В. А. Никитин и Г. О. Трахтенберг.

Не замечали очевидных с современной точки зрения ошибок и корифеи кораблестроения Ю. А. Шиманский и другие видные специалисты. Подкрепления корпусов приходилось выполнять уже в условиях войны. Недостатком «семерок» и эсминцев пр. 7У была и их недостаточная мореходность. Спроектированные по итальянскому образцу, нацеленному в основном на обеспечение высоких скоростных по-

ботами в интересах блокадного города: изготавливать боеприпасы самого различного назначения, броневые колпаки для ДОТов, лафеты для орудий и «катюш» и много еще разного снаряжения, необходимого для обороны города. Но основной задачей были достройка и ремонт кораблей.

27 января 1944 г. враг был окончательно отброшен от стен Ленинграда. Балтийский флот вышел на оперативные просторы, изгоняя врага из пределов нашей Родины. В своих воспоминаниях О. Ф. Якоб описывает жизнь и работу завода в условиях блокады. Воспоминания автора, к сожалению, заканчиваются периодом Великой Отечественной войны, но его напряженная пло-

пр. 56Э) с одной такой установкой в корпусе уже строившегося корабля пр. 56. Все эти работы велись под руководством О. Ф. Якоба. Первоначально предполагалось, что вдвое более мощное, чем в пр. 56М, ракетное ударное вооружение все же удастся разместить в уже отработанном корпусе пр. 56. Однако дальнейшие проработки показали, что в этом случае заметно ухудшатся скоростные и мореходные качества такого корабля, а для сохранения остойчивости придется принять на борт до 250 т балласта. В результате было принято решение разработать новый корпус, более крупного, чем у эсминца 56-го проекта. Измененный проект получил и новый номер – 57бис.



Ракетный корабль пр. 57бис

казателей и мореходности в условиях Средиземного моря, эти эсминцы не обладали мореходными качествами, достаточными для плавания в суровых северных морях.

Еще одним недостатком этих эсминцев была их сравнительно незначительная дальность плавания. Но в общем, по отзывам военных моряков, это были совсем неплохие корабли.

С началом войны и приближением линии фронта к Ленинграду основной состав КБ был эвакуирован в Казань. В Ленинграде было оставлено 116 человек. О. Ф. Якоб был назначен начальником этой группы.

Работы в годы блокады было много, и конструкторы трудились, не щадя себя, несмотря на тяжелейшие условия голода и холода, обстрелы и бомбежки. Достаточно сказать, что из 116 человек к концу блокады в строю осталось лишь 13 человек.

Начавшаяся война и блокада резко изменили профиль работы ленинградских судостроительных заводов. Строительство новых кораблей, находившихся в небольшой степени готовности, было прекращено. Заводы стали загружать ра-

дотворная и многогранная деятельность на благо Родины на этом была далеко не закончена.

Послевоенная судьба О. Ф. Якоба тесно связана с ЦКБ-53 (сегодня – АО «Северное ПКБ»). В должности начальника проектного отдела он руководил работами по проектированию первых послевоенных эскадренных миноносцев пр.30К и 30БИС, был заместителем главного конструктора уже принципиально нового корабля этого класса пр.41 (главный конструктор В. А. Никитин). В середине 50-х гг. прошлого века успехи в разработке комплексов противокорабельных крылатых ракет серьезно повлияли на надводное военное кораблестроение. В этом направлении ВМФ опередил своих иностранных конкурентов. Работы по проектированию первого эсминца с противокорабельным ракетным оружием были поручены ЦКБ-53. Предстояло спроектировать на основе эсминца пр. 56 ракетный корабль, оснащенный комплексом крылатых ракет «КСЦ» с двумя пусковыми установками, а для отработки комплекса в корабельных условиях создать экспериментальный корабль («Бедовый»,

Работы над техническим проектом завершились в декабре 1956 г. Возглавлял проектирование корабля О. Ф. Якоб. Главная энергетическая установка корабля пр. 57бис в целом была аналогична ГЭУ эсминца пр. 56. Электроэнергетическая система впервые на отечественном флоте имела напряжение 380 В, причем мощность каждого дизель-генератора была повышена с 200 до 300 кВт.

Орест Федорович был человеком широкой эрудиции и культуры, всегда знакомился с новинками зарубежной технической литературы и учитывал их нововведения при новом проектировании. Необычайно обаятельный и скромный, Орест Федорович был всегда душой компании, а его чувство юмора являлось эффективным средством снятия нервного напряжения при длительных заседаниях различных комиссий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якоб О. Ф. Мой путь в кораблестроении. – СПб.: Гангут, 2015.
2. Юхнин В. Е. Конец императорского флота России и начало создания Советского ВМФ // «Морской вестник». – 2015. – № 1 (53). ■

С 15 по 17 августа 2015 г. состоялся визит членов Президиума РосНТО судостроителей и почетных членов НТО судостроителей Санкт-Петербурга в город Чебоксары – столицу Чувашской республики – для открытия памятника академику А.Н. Крылову и проведения выездного заседания Президиума.

Делегацию от петербургских судостроителей возглавлял президент

ОТКРЫТИЕ ПАМЯТНИКА АКАДЕМИКУ А.Н. КРЫЛОВУ В ЧЕБОКСАРАХ

*Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 315 50 27*



РосНТО д-р техн. наук, профессор, Герой России, Почетный гражданин Санкт-Петербурга В.Л. Александров. В церемонии открытия памятника в рамках Дня города участвовала также делегация из Москвы, возглавляемая членом президиума Российской академии наук, президентом Международного союза научных и инженерных общественных организаций, научным руководителем Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН Ю.В. Гуляевым.

В торжественной церемонии открытия памятника приняли участие ВРИО Главы Чувашской республики М.В. Игнатъев, глава города Чебоксары Л.И. Черкесов, заместитель председателя комитета Госдумы РФ по образованию А.И. Аршинова, член президиума Российской академии наук, президент Международного союза научных и инженерных общественных организаций, прези-

дент Инженерной академии Российской Федерации им. А.М. Прохорова, профессор А.П. Акимов и автор памятника, скульптор С.А. Щербаков, другие официальные лица и почетные гости, многочисленные горожане и гости города.

В своем выступлении В.Л. Александров отметил: «Как научная деятельность академика А.Н. Крылова, так и преподавание, служение в Морском министерстве были направлены одной цели – улучшению кораблестроения».

Инициатива установки в Чебоксарах памятника выдающемуся отечественному кораблестроителю Алексею Николаевичу Крылову принадлежит Российскому научно-техническому обществу судостроителей им. академика А.Н. Крылова. С поддержкой предложения выступили Международный и Российский Союзы научных и инженерных общественных объединений, Межрегиональный общественный фонд содействия научно-техническому прогрессу. Вышеперечисленные организации организовали сбор финансовых средств на изготовление памятника, автором которого является академик РАН, профессор, народный художник РФ С.А. Щербаков. Бронзовая скульптура установлена на площади Речников на набережной реки Волги и передана в дар городу Чебоксары.

15 августа делегация Санкт-Петербурга посетила Чебоксарский политехнический институт (филиал МАМИ), в котором по инициативе профессора А.П. Акимова создан музей академика.

На следующий день члены делегации побывали на одном из крупнейших промышленных предприятий, расположенных в Чебоксарах – ЗАО «Чебоксарский электроаппаратный завод», где представители завода провели экскурсию по цехам, познакомили с выпускаемой продукцией (в том числе для судостроительной промышленности) и перспективами развития.



По завершении рабочих встреч 17 августа делегация побывала на малой родине академика А.Н. Крылова – в деревне Крылово Порецкого района Чувашии, где посетила дом, в котором родился будущий академик. После экскурсии по музею члены делегации передали в дар книги и модели кораблей, которые пополняют его экспозицию. ■

9 июня 2015 г. в Санкт-Петербурге состоялось совместное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

На собрании присутствовали директор 39 предприятий из 47 предприятий – членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, представители КППиИ и Комитета по науке и высоким технологиям, представители НТО им. акад. А. Н. Крылова, территориальных организаций профсоюзов Н. С. Чалов и С. П. Максименко, пресса, ТВ. Председатель собрания – президент Ассоциации, председатель Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Петербурга А. Н. Алешкин.

С итогами выполнения программы «Наука. Промышленность. Инновации» за 2014 г. выступил М. С. Мейксин, председатель Комитета промышленной политики и инноваций при Правительстве Петербурга.



Выступает М. С. Мейксин

Он же познакомил с основными направлениями реализации промышленной политики в Санкт-Петербурге на 2015 г.

В докладе было отмечено:

– объем отгруженной судостроительной продукции по сравнению с предыдущим годом вырос более чем в 2 раза. На воду спущено 11 кораблей и судов и 7 заложено;

– судостроители Санкт-Петербурга полностью обеспечили задание по госзаказу на 2014 г.;

– принято решение организовать на «Ленэкспо» постоянную экспозицию по проблеме импортозамещения, в том числе в судостроении;

– государственная Дума РФ 4 июня приняла во втором чтении госзаказ на 2015 г.

С докладом «Состояние, проблемы и перспективы работ в области электроэнергетических систем судов и кораблей» выступил В. А. Хомяк, начальник отдела НИИ СЭТ. Содокладчиками были В. С. Татарский, генеральный директор «Электрорадиоавтоматика», Г. Г. Ковалев, директор НИИ «Севкабель».

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ 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 В. С. Татарский

Выступавшие констатировали:

– наблюдается снижение качества электромонтажных работ по причине того, что НИИ «СЭТ» утратил головные технологические функции в этой области и, соответственно, отсутствует единая технологическая политика;

– основными направлениями разработок НИИ «СЭТ» являются уменьшение массогабаритных характеристик судового электрооборудования и модульный принцип его проектирования и монтажа;

– в изделиях судового электрооборудования значительную долю составляют импортные комплектующие;

– в НИИ «Севкабель» недостаточно перспективных разработок по кабельной продукции для судостроения по причине отсутствия заявок от КБ и НИИ с перспективными требованиями к этой продукции.

Об изменениях в составе Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга информировала Т. И. Чекалова. В обновленный состав введен президент Ассоциации А. Н. Алешкин как руководитель Секции по судостроению.

О ходе подготовки конкурса судомоделлистов сообщил А. А. Нейбург, руководитель программы «Морская слава России»: «Подготовка к проведению конкурса юных судомоделлистов проходит согласно плану, однако сохраняется нехватка средств для приобретения призов для победителей».

О поддержке обращения судостроителей в Госдуму РФ о необходимости восста-

новления статуса отраслевых стандартов в проекте Федерального закона «О стандартизации в РФ» доложил Н. В. Гридин, зам. директора НИИ «ЛОТ».

Затем состоялась прием в члены Ассоциации «НИИ «Севкабель» согласно заявлению и выборы вице-президентов Ассоциации: генерального директора судостроительной фирмы «Алмаз» Л. Г. Грабовца и советника генерального директора Выборгского судостроительного завода В. Г. Левченко.

В обсуждении докладов и информации приняли участие Президент Ассоциации А. Н. Алешкин, а также В. Л. Александров, Л. Г. Грабовец, В. Н. Глебов, В. Н. Половинкин, Т. И. Чекалова, А. А. Юрчак, они в числе прочего отметили, что большинство отраслевых стандартов разработаны десятки лет тому назад, устарели и не соответствуют современным требованиям.

Собрание вынесло решение:

1. Обязать руководителей предприятий – членов Ассоциации считать выполнение работ по государственному и городскому заказам одним из приоритетов в работе руководимых предприятий.

2. Руководителям предприятий – членов Ассоциации продолжить активное сотрудничество с Комитетом промышленной политики и инновациям при Правительстве Санкт-Петербурга по выполнению плановых заданий 2015 г.

3. Просить генерального директора Крыловского ГНЦ В. С. Никитина провести консультации с руководителями ОАО «Электрорадиоавтоматика», СПО «Арктика», НИИ «СЭТ» и НИИ «Севкабель» с целью устранения серьезных недостатков и негативных тенденций в области технического уровня и качества работ энергообеспечения кораблей и судов, в том числе сокращения импортозависимости, и проинформировать очередное общее собрание Ассоциации о принятых решениях.

4. Рекомендовать руководителям КБ и НИИ укреплять творческие связи с НИИ «Севкабель» с целью представления ме-

ханических требований к судовым кабелям нового поколения для перспективных проектов судов и судовых комплексов;

5. Рекомендовать НИИ «Севкабель» активно включиться в мероприятия

по содействию импортозамещения на 2015–2017 гг.;

6. Просить генерального директора Крыловского ГНЦ В. С. Никитина организовать работу силами НИИ

«ЛОТ» в рамках ТК-5 по пересмотру и обновлению существующих отраслевых стандартов и о принятых решениях проинформировать очередное собрание Ассоциации. ■

12 августа 2015 г. исполнилось 80 лет адмиралу Виталию Павловичу Иванову. Родился он 12 августа 1935 г. в г. Полтава Харьковской области. В декабре 1950 г. был принят в Саратовское военно-морское подготовительное училище, где окончил девять классов.

С августа 1952 г. по июль 1953 г. учился на подготовительном курсе при 1-м Балтийском высшем военно-морском училище подводного плавания в Ленинграде. В августе того же года был зачислен на 1-й курс 1-го Балтийского высшего военно-морского училища подводного плавания, которое окончил в 1957 г. По окончании училища был назначен командиром торпедной группы подводной лодки С-362 отдельной бригады подводных лодок Подводных сил Северного флота. Через год в декабре 1958 г. Виталия Павловича назначают командиром БЧ-3 этой лодки, а в феврале 1962 г. – помощником командира ПЛ С-282.

Побывав в должности помощника и старшего помощника командира на различных ПЛ, капитан-лейтенант В. П. Иванов вместе с ПЛ С-365 и ее экипажем перешел Северным Ледовитым океаном в 1964 г. в г. Магадан в отдельную бригаду подводных лодок Тихоокеанского флота. В феврале 1965 г. ему присваивают звание капитана 3 ранга, а с 1 сентября этого же года он – слушатель Высших специальных офицерских классов (ВСОК) в группе командиров ПЛ.

После окончания с отличием ВСОК Виталий Павлович назначается старшим помощником командира крейсерской ПЛ К-45 эскадры ПЛ Камчатской военной флотилии КТОФ. В январе 1969 г. новое назначение, на сей раз командиром подлодки К-370. В мае 1970 г. Виталий Павлович вместе с экипажем прибыл в отдельную бригаду ПЛ для получения от промышленности новой подлодки пр. 671, с которой в октябре убыл на Северный флот.

В июле 1972 г. ему присвоено воинское звание капитан 1 ранга. С 1 сентября 1972 г. он – слушатель командного факультета Военно-морской академии, которую с отличием и золотой медалью заканчивает в 1974 г., его имя заносится на мраморную Доску выпускников ака-

демии. После выпуска из академии он получает назначение на Северный флот заместителем командира 17-й дивизии атомных подводных лодок. В 1975 г. Виталий Павлович становится командиром этой дивизии.

В октябре 1976 г. Постановлением Совета Министров СССР ему присваивается воинское звание контр-адмирал. С 1 сентября 1977 г. он – уже слушатель основного факультета академии Главного штаба (ГШ) ВС СССР, которую заканчивает в июле 1979 г. и назначается первым заместителем командующего 11-й флотилии атомных подводных лодок Северного флота.

С 1 июля 1981 г. Виталий Павлович – заместитель начальника Оперативного Управления ГШ ВМФ СССР, а с февраля 1982 г. он – начальник этого Управления – заместитель Начальника ГШ ВМФ. В феврале 1985 г. ему присваивается воинское звание вице-адмирал. В декабре 1985 г. приказом министра обороны СССР Виталий Павлович назначается командующим Балтийским флотом, а в мае 1987 г. он становится полным адмиралом. В октябре 1991 г. его назначают начальником Военно-

80 ЛЕТ АДМИРАЛУ В.П. ИВАНОВУ

*С. П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС,
контакт. тел. (812) 431 9423*



морской академии им. Адмирала флота СССР Н. Г. Кузнецова. В декабре 1995 г. Виталий Павлович увольняется в запас по возрасту.

Во время прохождения воинской службы Виталий Павлович избирался депутатом Калининградской областной Совета народных депутатов, был депутатом 27-го съезда КПСС, народным депутатом СССР, делегатом 28-го съезда КПСС.

В 1993 г. Виталий Павлович был избран академиком Международной академии информатизации, а в 1995 г. почетным академиком Академии военных наук.

В 2000 г. решением Высшей Аттестационной комиссии РФ ему было присвоено ученое звание профессор по специальности «стратегия» и в этом же году за активную социальную деятельность он был удостоен почетного звания «Человек 2000 года» с занесением в Книгу почета и чести «Северо-Запада РФ».

В 2001 г. Виталий Павлович был избран академиком и профессором Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка.

В настоящее время адмирал В. П. Иванов – первый заместитель председателя Санкт-Петербургского Морского Собрания, член его Совета старшин.

Друзья, коллеги, почетные члены, Совет старшин, члены СПб МС, личный состав ГШ ВМФ, КБФ, Военно-морской академии, ЛенВМб поздравляют Виталия Павловича с этим замечательным юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья и долгих лет плодотворной деятельности на благо России.

Редакция журнала «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям и желает юбиляру здоровья и продолжения активной творческой деятельности на благо Отечества. ■

23 июля 2015 г. на Каменном острове прошла 42-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания, посвященная 245-летию победы русского флота в Чесменском сражении, которое происходило 24 и в ночь на 26 июня 1770 г., и Дню ВМФ.

Участники Ассамблеи прослушали прекрасный концерт Мариинского театра.

Торжественную часть ассамблеи открыл председатель СПб МС Н. В. Орлов. Он отметил, что о победе русского флота над турецким в сражении при Чесме в этом году выйдет книга.



Председатель СПб МС Н.В. Орлов награждает адмирала В.П. Иванова золотым нагрудным знаком

Заместитель главнокомандующего ВМФ вице-адмирал А.Н. Федотенков в своем выступлении поздравил всех присутствующих с Днем ВМФ и рассказал, что главный морской парад состоится в этом году в г. Балтийске.

Затем Н.В. Орлов зачитал приказ по СПб МС, который гласил: «В соответствии с Положением о наградах за безупречное служение СПб Морскому Собранию, активное участие в решении уставных задач, укрепление авторитета МС, честное и добросовестное исполнение своих общественных и служебных задач и обязанностей приказываю наградить золотым нагрудным знаком «За 20 лет безупречной службы в Санкт-Петербургском Морском Собрании» адмирала В. П. Иванова.



Выступление вице-адмирала А. Н. Федотенкова

42-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

С. П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС,
контакт. тел. (812) 431 9423

Далее первым заместителем председателя СПб МС В.П. Ивановым был зачитан приказ от 23 июля 2015 г., в соответствии с которым за заслуги в выполнении задач по сохранению боевой готовности флота, подготовке высококвалифицированных флотских кадров, а также большой вклад в развитие отечественного судостроения, новой морской техники и морского приборостроения, морского и речного флотов наградить:

- орденом «Орденский знак» В. И. Королева, адмирала, командующего Северным Флотом, почетного члена МС;
- орденом «За заслуги» 1-й ст, Р. Х. Цаликова, почетного члена МС;
- орденом «За воинскую доблесть» 1-й ст. А. Н. Федотенкова, вице-адмирала заместителя ГК ВМФ;
- орденом «За трудовую доблесть» 1-й ст. А. А. Комарицына, председателя Гатчинского МС, почетного члена СПб МС, Л. Г. Грабовца, члена МС, И. В. Гольдштейна, члена МС;
- орденом «За заслуги» 2-й ст. А. А. Кременчугского, члена МС;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й ст. И. В. Смоляка, контр-адмирала, командира Ленинградской военно-морской базы, И. И. Малышева, члена МС;



Выступление командира ЛенВМБ контр-адмирала И. В. Смоляка

- орденом «За воинскую доблесть» 2-й ст. В. П. Кравчука вице-адмирала, командующего БФ, почетного члена МС;
- орденом «За трудовую доблесть» 2-й ст. С. Э. Крижевского, члена МС, Д. А. Мельникова, члена МС;
- золотой медалью «Петр Великий» Е. А. Никитина, члена МС. ■

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в фирменном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

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.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5. **Ключевые слова:** «Петробалт», создание, планы

Проектно-конструкторскому бюро «Петробалт» 20 лет // Морской вестник. 2015. №3. С. 6

О предпосылках создания и о деятельности КБ «Петробалт» рассказывают Е.В. Игошин (советник ректора СПбГМТУ) и нынешний руководитель компании И.В. Щербаков.

УДК 621.039. 533.6 + 621.165 **Ключевые слова:** проектирование, организация, проектное решение, оптимизация

И.В. Щербаков, А.С. Соловьев. Проектирование, закупки и строительство судов как единый интегрированный процесс // Морской вестник. 2015. №3. С. 7

Об организации процесса проектирования в ПКБ «Петробалт» и связях с судостроительными предприятиями знакомят ген. директор ПКБ И.В. Щербаков и ген. директор ОАО «Выборгский судостроительный завод А.С. Соловьев.

УДК 629.039:629.5.12.06 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», гражданский флот, постройка, планы

В.В. Шаталов, Р.М. Бегишев. Конструкторское бюро «Вымпел»: 85 лет на службе гражданского флота // Морской вестник. 2015. №3. С. 9

О вкладе КБ «Вымпел» в создание отечественного гражданского флота. Особое внимание уделено постройке сухогрузных и нефтеналивных теплоходов, судов буксирного и несамостоятельного флота на воздушной подушке. В заключение обозначены перспективы работы КБ. Ил. 7.

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** проектирование судов, танкер, транспортировка нефти, общее расположение, нагрузка масс

Г.Ф. Демешко, С.Н. Рюмин. Нормативно-правовые и проектные аспекты создания современных танкеров. Часть 1 // Морской вестник. 2015. №3. С. 11

Знакомит с тенденциями развития танкерного флота в мире. Основное внимание уделено обоснованию размеров, параметров формы и компоновки современных танкеров, их отсеков. Ил. 12. Библиогр. 15 назв.

УДК 621.039.5:621.4 **Ключевые слова:** суда смешанного река-море плавания, барже-буксирный состав, составное судно, проектирование, главные характеристики судна, модель эксплуатации, экономика, показатели эффективности

А.Г. Егоров. Определение оптимального значения коэффициента полноты и эксплуатационной скорости составов и составных судов смешанного река-море плавания // Морской вестник. 2015. №3. С. 19

Определены оптимальные значения коэффициентов общей полноты и скоростей составных судов и барже-буксирных составов смешанного река-море плавания на основе оценки экономического расчета в рамках основных моделей эксплуатации. Выполнен расчет эффективности эксплуатации для каждой из моделей с учетом реальных простоев в пути, волнения и возможного недогруза на рассматриваемых линиях. Получены сроки окупаемости. Рассчитаны другие показатели эффективности, позволяющие оценить целесообразность реализации проектов. Т. 2. Ил. 22. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** «Северная верфь», судно пр. 23120, постройка, про-

ектирование, технические характеристики, «Эльбрус», закладка, спуск на воду

И.О. Ивановский. «Эльбрус» коснулся воды // Морской вестник. 2015. №3. С. 25

О проектировании и постройке судна тылового обеспечения «Эльбрус» на «Северной верфи». Приведены основные характеристики. Уделено внимание церемонии его спуска на воду. Ил. 4.

УДК004.942:004.031.043 **Ключевые слова:**

исследовательское проектирование, динамическая модель катастроф, синтез проектных решений, графоаналитическая и нейродинамическая системы

Ю. И. Нечаев. Модели современной теории катастроф в системе исследовательского проектирования морских судов // Морской вестник. 2015. №3. С. 29

Рассмотрено расширение проблемной области исследовательского проектирования на основе динамической модели катастроф. Концептуальные решения реализованы в виде интегрированного вычислительного комплекса виртуального моделирования процессов взаимодействия судна в сложных средах. Новизну определяют особенности решения задач синтеза проектных решений на основе моделей графоаналитических и нейродинамических систем. Ил. 7. Библиогр. 14 назв.

УДК 005.521:338.2:336.12:621.039.5 **Ключевые слова:** амортизационные отчисления, материалы, налог, добавленная стоимость

Е.В. Алексеева. Особенности бухгалтерского учета в судостроении. Часть 3 // Морской вестник. 2015. №3. С. 33

Окончание статьи, посвященной положению дел с бухгалтерским учетом в судостроении. В заключительной части рассмотрены методы признания выручки, резервы предстоящих расходов, учета дебиторской и кредиторской задолженности. Т. 3. Библиогр. 13 назв. Части 1, 2 – см «Морской вестник», 2014, №4, с. 124; 2015, №1, с. 37.

УДК 621.165.01 **Ключевые слова:** судовой турбомеханизм, частотно-регулируемый электропривод

В. И. Вершинин, Б. Ю. Васильев, А. Н. Богданов. Возможность использования принципов динамического торможения в частотно-регулируемых электроприводах переменного тока судовых турбомеханизмов // Морской вестник. 2015. №3. С. 37

Приведены результаты проведенных компьютерных исследований, которые позволяют сделать следующие основные выводы. В судовых частотно-регулируемых электроприводах для турбомеханизмов (насосы, вентиляторы), в которых режимы электрического торможения возникают только в процессах регулирования частоты вращения при резких уменьшениях сигнала ее задания, можно вместо режимов генераторного торможения использовать режим динамического торможения. При этом отпадает необходимость применения мощных тормозных резисторов, обладающих большими массогабаритными характеристиками. Ил. 2.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** датчик тока, датчик напряжения, станция безымянного размагничивания, эффект Холла

А.Г. Сотников, А.С. Петрушенко. Обеспечение надежности контроля тока и напряжения в приборах морской техники // Морской вестник. 2015. №3. С. 41

Приведены способы разработки функциональных узлов датчиков тока и датчиков напряжения без ис-

пользования эффекта Холла с целью обеспечения надежности контроля тока и напряжения в приборах морской техники. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.355:623.827 **Ключевые слова:** автономный глубоководный аппарат, аккумулятор, аккумуляторная батарея, конструкция, контейнер, мембрана

А.В. Кузнецов, А.Ю. Мазуренко. Подходы к проектированию современной погружной аккумуляторной батареи глубоководных аппаратов // Морской вестник. 2015. №3. С. 43

Дан обзор контейнеров, в которые устанавливаются аккумуляторы на глубоководных аппаратах. Показаны конструктивные особенности рассматриваемых контейнеров, их преимущества и актуальность использования. Ил. 4. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.3:621.7:623.827 **Ключевые слова:** способы очистки, отработавшие газы, тепловой двигатель, охлаждение, расчет, система

А.Н. Гаврилова, Д.А. Скороходов. Расчетные исследования системы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя // Морской вестник. 2015. №3. С. 47

Проанализированы различные способы очистки и охлаждения отработавших газов теплового двигателя, показаны направления движения теплоносителей в теплообменных аппаратах, приведена концепция конструктивного расчета теплообменной поверхности разработанного устройства. Ил. 3. Библиогр. 9 назв.

УДК 620.19:669.018.4, 621.431.74.004.2 **Ключевые слова:** газотурбинный двигатель (ГТД), высокотемпературная коррозия, диагностирование

А.З. Багерман, Р.А. Иванов, В.Н. Шитков, И.П. Леонова, А.В. Конопатов. Задачи проектирования морских газотурбинных двигателей следующего поколения // Морской вестник. 2015. №3. С. 50

Обозначены основные направления дальнейшего совершенствования газотурбинных двигателей. Обращено внимание на совершенствование ресурсных характеристик с учетом деградации жаропрочных сплавов при эксплуатации в коррозионной среде, а также системы диагностирования. Ил. 4. Библиогр. 7 назв.

УДК 623.546 **Ключевые слова:** движущийся, управление конечным положением объекта, устойчивость, точность

О.С. Селивохин, М.А. Ермолина, Д.В. Першин. К задаче управления конечным положением движущихся объектов // Морской вестник. 2015. №3. С. 55

Разработан метод синтеза закона управления, в рамках которого сформирована структура переменных коэффициентов, и для нее получены достаточные условия асимптотической устойчивости и предельной точности. При этом имеет место определенная свобода выбора постоянных параметров, что позволяет держать в поле зрения и другие характеристики системы. Предложенный закон управления придает процессу – при надлежащем выборе параметров – способность подавлять внешние возмущения, в этом случае терминальная ошибка выходной переменной стремится к нулю, невзирая на произвольные ограниченные воздействия. Ил. 5. Библиогр. 12 назв.

УДК 629.735.4 **Ключевые слова:** автоматизированная система управления полетами вертолетов, управление воздушным движением, морские суда и платформы

О.Н. Музыченко, В.А. Пегушин. Автоматизированная система управления полетами вертолетов для оборудования диспетчерских пунктов управления воздушным движением // Морской вестник. 2015. №3. С. 61

Рассмотрена автоматизированная система управления полетами вертолетов для оборудования диспетчерских пунктов управления воздушным движением, размещаемых на морских судах, буровых и нефтегазодобывающих платформах, разрабатываемая ОАО «НПФ «Меридиан». Ил. 8.

УДК 623.462.92 **Ключевые слова:** крылатая ракета, испытания, полигон, спутниковая навигационная система, траекторные измерения

Б.И. Марченко, В.А. Мосунов. Совершенствование испытаний противокорабельных крылатых ракет на Феодосийском полигоне с использованием спутниковых навигационных систем // Морской вестник. 2015. №3. С. 65

Обязательный этап процесса разработки образцов вооружения, в том числе и комплексов крылатых ракет – полигонные испытания, во время которых проверяется соответствие характеристик оружия требованиям тактико-технического задания. В настоящее время Феодосийский полигон, созданный еще в советское время, находится на территории российского Крыма, благодаря чему появилась возможность совершенствовать процесс полигонных испытаний образцов вооружения. Кроме того, сформирована группировка спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС, что позволяет проводить траекторные измерения в сжатые сроки и с более высокой точностью. Приведены расчетные формулы для количественной оценки всех измеряемых в процессе испытательных пусков параметров полета крылатых ракет. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 656.61.052:527.62:520.88. **Ключевые слова:** определение места судна, числимое место, обсервация, градиент, навигационный параметр, изолиния, метод линий положения, эллипс погрешностей, градиентный спуск

И. В. Ефимов, В. В. Касьянов. К вопросу об автоматизации определения места судна и оценки его точности // Морской вестник. 2015. №3. С. 67

Традиционные методы определения места судна и оценки его точности разрабатывались в условиях ограничений для обоснования графического решения на картах. Автоматизация решения этих задач в ЭКНИС создает условия для применения новых подходов к обработке навигационной информации. Предлагаемый метод, основанный на определении совместной плотности вероятности навигационных параметров, позволяет снять ранее постулированные ограничения. Ил. 9. Библиогр. 9 назв.

УДК 51-74/629.58 **Ключевые слова:** морской подвижный объект, пространственный маневр, имитационная модель, дифференциальные уравнения, аналитическое решение

М.Г. Черняев, В.Г. Михлин, А.В. Смольников. Аналитическое решение уравнений динамики маневрирующего подводного объекта // Морской вестник. 2015. №3. С. 73

Приведены основные аналитические соотношения, которые могут быть использованы для моделирования движения маневрирующего подводного объекта (МПО). Они являются аналитическими решениями полной системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих пространственную динамику МПО. Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

УДК 681.518 **Ключевые слова:** оператор, преподаватель, действие, таблица, сценарий, тренажер, режим, эталон, пульт, навык, модуль, занятие

В.В. Кобзев, Д.К. Шилев. Тренажер на борту корабля // Морской вестник. 2015. №3. С. 79

Предложен один из возможных вариантов создания бортового тренажера (БТ) на основе использо-

вания резервного пульта управления в составе штатной системы управления техническими средствами. Рассмотрена структура базы данных БТ с описанием содержания ее элементов (таблиц). Определена роль нового элемента схемы БТ – модуля эталонных сценариев, введение которого потребовало разработки базы данных с учетом модуля эталонных сценариев (МЭС). Ил.3. Библиогр. 5 назв.

УДК 004.056.53 **Ключевые слова:** информационная безопасность, информационные риски, анализ рисков

Н.М. Вихров, А.П. Нырков, Ю.Ф. Каторин, А.А. Шнуренко, А.В. Башмаков, С.С. Соколов, Р.А. Нурдин. Анализ информационных рисков // Морской вестник. 2015. №3. С. 81

Изложены основные методы анализа информационных рисков. Т. 2. Ил.2. Библиогр. 22 назв.

УДК627.711 **Ключевые слова:** комплекс многолучевых эхолотов, объект поиска, гидроакустическое изображение

Н.А. Нестеров, С.А. Груничев. Некоторые результаты испытаний комплекса многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300 // Морской вестник. 2015. №3. С. 87

Рассмотрены результаты испытаний комплекса многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300 спроектированного АО «Морские навигационные системы». Испытания показали, что комплекс многолучевых эхолотов КМЛЭ-21300 – это эффективное средство поиска, позволяющим обнаруживать не только крупно-, но и мелкогабаритные объекты на малых и средних глубинах (до 100 м) в широкой полосе обследования, кратной не менее трем их значениям. Отмечается высокая точность и оперативность определения координат искомых объектов. Т. 1. Ил. 12

УДК 658.012:629.5 **Ключевые слова:** сервисное обслуживание, типовая ведомость, организационно-техническая документация

О.А. Нестерец, Н.В. Рудаков. Совершенствование организационно-технической документации для сервисного обслуживания кораблей и судов ВМФ // Морской вестник. 2015. №3. С. 89

Приведен анализ отечественного опыта разработки типовых ведомостей сервисного обслуживания (ТВСО) кораблей ВМФ (ТВСО). Показан статус документа, обозначены правила оформления ведомостей, приведены примеры. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 658.56:623.8+022.66:608 **Ключевые слова:** научно-технический уровень развития техники, патентные исследования, патентная информация, методы оценки, средства НГО, гидроакустические средства, съемка рельефа дна, базовый образец

А.Ф. Зеньков, П.Г. Бродский, В.П. Леньков. К вопросу оценки уровня развития средств и технологического обеспечения на основе патентной информации // Морской вестник. 2015. №3. С. 93

Рассмотрены основные требования ГОСТ Р 15.011-96 по организации патентных исследований в части разработок перспективных технических средств и технологий. Показана роль патентных исследований в выявлении инновационных решений в ходе выполнения НИОКР. Обобщены и представлены основные подходы к оценке научно-технического уровня развития перспективных средств и методов навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания на основе патентной информации. Т. 1. Библиогр. 6 назв.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** авария, подводная лодка, поисково-спасательные действия, спасательное обеспечение, база данных, имитационное моделирование, информационное обеспечение

В.Н. Илюхин. К вопросу о совершенствовании спасения экипажей аварийных подводных лодок. К 15-й годовщине гибели АПЛ «Курск» // Морской вестник. 2015. №3. С. 97

На основе опыта проведения спасательных работ на аварийных ПЛ, анализа рассматриваются научно-методические подходы к построению и практической реализации комплексной автоматизированной системы информационной поддержки морских спасательных операций применительно к аварийным подводным лодкам. Библиогр. 5 назв.

УДК 534.222 **Ключевые слова:** продукты, удаление влаги, конвективно-тепловая сушка, нелинейная акустика, акустическая сушильная камера

С.А. Бахарев, Л.М. Клячко, А.В. Рогожников, В.К. Смирнов. Низкотемпературное удаление влаги из продуктов питания в акустических полях // Морской вестник. 2015. №3. С. 103

Предложено для интенсификации процесса удаления влаги из продуктов питания в естественных условиях, а также для равномерного удаления влаги при существенном сокращении расхода тепловой энергии в низкотемпературных акустических сушильных камерах (НАКСК) использовать акустические волны различной интенсивности.

Приведены результаты удаления влаги из рыбы, полученные в процессе промышленных испытаний НАКСК в Республике Корея и Вьетнаме в 2008–2013 гг. Ил. 4. Библиогр. 11 назв.

УДК 627.717.3 **Ключевые слова:** зимняя навигация, Волго-Каспийский бассейн

М.А. Абдулатипов, В.К. Калачев, И.К. Кузьмичев. Роль и проблемы зимней навигации в Волго-Каспийском бассейне // Морской вестник. 2015. №3. С. 107

Проанализированы проблемы зимней навигации в Волго-Каспийском бассейне, которые приводят к спаду грузооборота в портах Каспийского моря. Предложены способы повышения эффективности зимних навигаций, которые будут способствовать развитию перевозок грузов водным транспортом в бассейне в целом и непосредственно в Астраханском воднотранспортном узле. Т. 1. Библиогр. 2 назв.

УДК 378.96 **Ключевые слова:** ГУМФ им. адм. С.О. Макарова, специальности, наука, воспитание «Востребованы все морские и речные специальности» // Морской вестник. 2015. №3. С. 109

Интервью с С.О. Барышниковым, ректором ГУМФ им. адм. С.О. Макарова, которое подготовил И. Осочников. В нем ректор рассказал о подготовке специалистов для морского и речного флота, работников порта, в которых отрасль сегодня испытывает острую нехватку, а также о возможности ведения научной работы и особенностях воспитания курсантов. Ил. 4.

УДК 629.123 **Ключевые слова:** мировое судостроение, SMM-2014, морская техника, охрана окружающей среды, судовое топливо, природный сжиженный газ

Е.А. Горин, К.С. Чернов. Мировое судостроение в 2014 г. – курс на Green shipping. Часть 2 // Морской вестник. 2015. №3. С. 113

Обсуждается повышение эффективности морской техники и вопросы охраны окружающей среды. Рассмотрены представленные на выставке SMM-2014 экономичные и экологичные технологии и их использование в судостроении и морском транспорте, состоянии и перспективе применения природного сжиженного газа. Приводится информация о достижениях судостроительной отрасли. Ил. 10. Часть 1 – см. «Морской вестник», 2015. №2, С. 109

УДК 629.5 **Ключевые слова:** О.Ф. Якоб, война, корабль, проектирование

В.Е. Юхнин. О.Ф. Якоб – создатель первых отечественных ракетных кораблей // Морской вестник. 2015. №3. С. 119

Знакомит с жизненным путем Ореста Федоровича Якоба, его вкладом в проектирование и постройку кораблей для ВМФ и прежде всего в создание первых отечественных ракетных кораблей пр. 57. Ил. 4. Библиогр. 2 назв.

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.

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.

The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

SUMMARIES

UDC 629.5. **Keywords:** «Petrobalt», creation, plans
Planning and Design Bureau «Petrobalt» celebrates its 20 years anniversary // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 6

E.V. Igoshin (a councillor of the rector of Saint Petersburg State Marine Technical University) and the actual head of the company I.V. Scherbakov tell about background of creation and activity of the Design Bureau «Petrobalt».

UDC 621.039.533.6 + 621.165 **Keywords:** design, management, design approach, optimization
I.V. Scherbakov, A.S. Solovyev. Design, procurement and shipbuilding as a single integrated process // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 7

The general director of PDB «Petrobalt» I.V. Scherbakov and the general director of «Vyborg Shipyard» PJSC A.R. Solovyev design describe how the design process in PDB «Petrobalt» is organized and highlight the relations with shipbuilding companies.

UDC 629.039:629.5.12.06 **Keywords:** Design Bureau «Vympel», merchant marine, building, plans

V.V. Shatalov, R.M. Begishev. Design Bureau «Vympel»: 85 years in the service of the merchant marine // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 9

Concerning contribution of Design Bureau «Vympel» to creation of the Russian merchant marine. Special focus is on building of dry-cargo and oil motorships, air-cushion towmaster tugs and nonself-propelled vessels. Prospects for future DB work complete the article. Pic. 7.

UDC 629.5.01 **Keywords:** ship design, oil vessel, oil transportation, general layout, table of weights

G.F. Demeshko, S.N. Ryumin. Legal and regulatory and design aspects of modern oil vessels creation. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 11

Introduces the world trends of tanker tonnage development. Emphasis the justification of dimensions, form parameters and layout of modern oil vessels, their partitions. Pic. 12. Reference list 15 titles.

UDC 621.039.5:621.4 **Keywords:** mixed river-sea-going ships, barge towing arrangement, compoundable ship, design, ship's major characteristics, service model, economics, performance indicators

A.G. Egorov. Optimal value determination of coefficient of fineness and sea-speed of arrangements and compoundable mixed river-sea-going ships // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 19

Optimal values of block coefficients of fineness and sea-speeds of mixed river-sea-going compoundable ships and barge towing arrangements are determined on the basis of economic design in terms of principal service models. Calculation of exploitation efficiency is carried out for each model factored in the actual demurrages on passage, sea state and potential underloading on the discussed lines. Period of recoupment is

determined. Other performance indicators, which help to estimate expediency of projects realization, are calculated. Vol. 2. Pic. 22. Reference list 6 titles.

UDC 621.039.533.6 **Keywords:** «Northern Shipyard», ship of project 23120, building, design, specifications, «El'brus», keel-laying, ship launch

I.O. Ivanovsky. «El'brus» has touched water // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 25

On design and building of the combat logistics ship «El'brus» at the «Northern Shipyard». Its major characteristics are listed. The ceremony of the ship launch is described. Pic. 4.

UDC 004.942:004.031.043 **Keywords:** design study, dynamic catastrophe model, synthesis of design decisions, graphoanalytical and neurodynamic systems

Yu.I. Nechaev. Models of the modern theory of catastrophes in system of ship design study // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 29

Expansion of problematic field in design study is discussed in terms of dynamic catastrophe model. Conceptual solutions are executed as an integrated computer system of virtual modeling of ship interacting processes in challenging environments. Novelty is determined by the specific of task solutions for synthesis of design decisions in terms of models of graphoanalytical and neurodynamic systems. Pic. 7. Reference list 14 titles.

UDC 005.521:338.2:336.12:621.039.5 **Keywords:** amortization expenses, materials, tax, added value

E. V. Alexeeva. The peculiarities of accounting in shipbuilding. Part 3 // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 33

It is the final part of the article dedicated to the state of accounting in shipbuilding industry. Methods of revenue recognition, expenses and provisions, accounts receivables and payables are discussed in this final part. Vol. 3. Reference list 13 titles Parts 1, 2 – see «Morskoy Vestnik», 2014, №4, P. 124; 2015, №1, P. 37.

UDC 621.165.01 **Keywords:** ship turbine application, variable-frequency electric drive

V.I. Vershinin, B.Yu. Vasiliev, A.N. Bogdanov. Options of dynamic braking principles use in AC variable-frequency electric drives of ship turbine applications // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 37

The results of conducted computer-based researches, which make the following conclusions possible, are described. Dynamic braking mode can be used in ship variable-frequency electric drives for turbine applications (pumps, fans), where dynamic braking modes occur only in rotation speed control processes at sharp deteriorations of its signal, instead of countercurrent braking mode. In this case the use of high-power brake resistors with large mass and dimensions characteristics is no longer necessary. Pic.2.

UDC 629.12 **Keywords:** current probe, voltage probe, deperming station, Hall effect

A.G. Sotnikov, A.R. Petrusenko. Reliability of cur-

rent and voltage control in devices of marine facilities // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 41

The authors present design methods of electronic parts of current and voltages probes without Hall for reliability of current and voltage control in devices of marine facilities. Pic. 1. Reference list 3 titles.

UDC 621.355:623.827 **Keywords:** autonomous deep-diving vehicle, accumulator, accumulator battery, design, container, membrane

A.V. Kuznetsov, A.Yu. Mazurenko. Approaches to designing of modern submersible accumulator battery of deep-diving vehicles // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 43

Provides a review of containers in which deep-diving vehicle accumulators are placed. Shows design features of the containers under consideration, their advantages and urgency of use. Pic. 4. Reference list 11 titles.

UDC 621.3:621.7:623.827 **Keywords:** cleaning methods, exhaust gases, heat engine, cooling, design, system

A.N. Gavrilova, D.A. Skorokhodov. Design research of a system for cleaning and cooling of heat engine exhaust gases // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 47

Analyses different methods of cleaning and cooling of heat engine exhaust gases, shows travel directions of heat carriers in heat-exchange apparatuses, sets forth a concept of rational design of a heat-exchange surface of the developed device. Pic. 3. Reference list 9 titles.

UDC 620.19:669.018.4, 621.431.74.004.2 **Keywords:** gas-turbine engine (GTE), high-temperature corrosion, diagnosis

A.Z. Bagerman, R.A. Ivanov, V.N. Shitkov, I.P. Leonova, A.V. Konopatova. Design problems of marine gas-turbine engines of the next generation // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 50

Designates the main directions of further improvement of gas-turbine engines. Pays attention to improving the resource characteristics taking into consideration the degradation of high-temperature alloys when operating in a corrosion environment, as well as diagnostic systems. Pic.4. Reference list 7 titles.

UDC 623.546 **Keywords:** moving object, object's final position control, stability, accuracy

O.R. Selivokhin, M.A. Ermolina, D.V. Pershin. On the problem of control of the final position of moving objects // Morskoy Vestnik. 2015. №3. P. 55

A control law synthesis method is developed, as part of which a structure of variable coefficients is formed, and sufficient conditions of asymptomatic stability and extreme accuracy are obtained for it. At the same time, there is a certain freedom of choice of constant parameters, which allows keeping also other system characteristics in the field of view. The proposed control law gives the process – when parameters are duly chosen – the ability to suppress external disturbances; in that case the output variable terminal error goes to zero in spite of arbitrary limited actions. Pic. 5. Reference list 12 titles.

UDC 629.735.4 **Keywords:** helicopter flight automated control system, air traffic control, sea-going vessels and platforms

O.N. Muzychenko, V.A. Pegushin. Helicopter flight automated control system to equip air traffic control stations // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 61

Describes a helicopter flight automated control system to equip air traffic control stations deployed on sea-going vessels, drilling and oil-and-gas production platforms, developed by OJSC RDF «Meridian». Pic.8.

UDC 623.462.92 **Keywords:** cruise missile, testing, testing ground, satellite navigation system, trajectory measurements

B.I. Marchenko, V.A. Mosunov. Improvement of the testing of anti-ship cruise missiles on the Feodosiya testing ground in modern conditions using satellite navigation systems // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 65

A compulsory stage of the process of development of armaments, including cruise missile complexes, is the ground testing in order to check the compliance of the weapon characteristics with the performance specifications. At present, the Feodosiya testing ground created back in the Soviet time is situated in the territory of the Russian Crimea, which has enabled the improvement of the process of the ground testing of armaments. In addition, a group of GLONASS satellite navigation system has been formed, which allows the conduct of trajectory measurements on a tight timetable and with a higher accuracy. Design formulas are given for quantitative evaluation of all cruise missile flight parameters measured in process of test launches. Pic. 3. Reference list 6 titles.

UDC 656.61.052:527.62:520.88. **Keywords:** localization of a ship, computed location, observation, gradient, navigation parameter, isoline, method of position lines, error ellipse, gradient descent

I.V. Efimov, V.V. Kasyanov. On the issue of ship localization automation and its accuracy evaluation // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 67

Conventional methods of ship localization and its accuracy evaluation were developed under the conditions of restrictions for substantiation of a graphic solution on the maps. The automated solution of these tasks in the electronic cartographic navigation information system (ECNIS) creates the conditions for the use of new approaches to the navigation information processing. The proposed method based on the determination of a joint probability density of navigation parameters allows the removal of restrictions postulated before. Pic. 9. Reference list 9 titles.

UDC 51-74/629.58 **Keywords:** marine moving object, spatial maneuver, simulation model, differential equations, analytical solution

M.G. Chernyaev, V.G. Mikhlin, A.V. Smol'nikov. Analytical solution of dynamic equations of a maneuvering underwater object // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 73

Provides the main analytical relations that can be used to simulate movements of maneuvering underwater object (MUO). They are analytical solutions for a total system of nonlinear differential equations describing the MUO three-dimensional dynamics. Pic. 3. Reference list 3 titles.

UDC 681.518 **Keywords:** operator, instructor, action, table, scenario, simulator, regime, etalon, console, habit pattern, module, class

V.V. Kobzev, D.K. Shilov. Simulator aboard a ship // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 79

One of the possible ways of shipboard simulator (SS) creation basing on use of an emergency control board as a part of the regular system of facilities control is offered. SS database structure with a description of contents of its elements (tables) is presented. Role of a new element of SS scheme – Model Scenario Component (MSC) – introduction of which made the development

of database in terms of the Model Solution Component obligatory, is determined. Pic.3. Reference list 5 titles.

UDC 004.056.53 **Keywords:** information security, information risks, risks analysis

N.M. Vikhrov, A.P. Nyrkov, Yu.F. Katorin, A.A. Shnurkenko, A.V. Bashmakov, S.S. Sokolov, R.A. Nurdinov. Information risks analysis // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 81

General analysis methods of information risks, i.e. information security threat, are discussed. Vol. 2. Pic.2. Reference list 22 titles.

UDC627.711 **Keywords:** multipath fathometer complex, search object, hydroacoustic image

N.A. Nesterov, S.A. Grunichev. Some test results for the KMLE-21300 multipath fathometer complex // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 87

Considers the test results for the KMLE-21300 multipath fathometer complex designed by «Marine navigation systems» JSC. The testing has proved that the KMLE-21300 complex is an efficient search facility allowing the detection of not only large but also small-sized objects at shallow and mean depths (up to 100 m) in a wide examination range multiple of at least three of their values. A high accuracy and efficiency of determination of the position of sought-for objects is noted. Vol. 1. Pic. 12.

UDC 658.012:629.5 **Keywords:** after-sales service, standard sheet, organizational and technical documentation

O.A. Nesterets, N.V. Rudakov. Improvement of organizational and technical documentation for after-sales service of the Navy ships and vessels // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 89

Sets forth an analysis of national experience in the development of standard sheets of after-sales service of the Navy ships. Shows the document status, designates the rules for drawing up of the sheets, and provides some examples. Pic. 1. Reference list 3 titles.

UDC 658.56:623.8+022.66:608 **Keywords:** scientific and technological level of technology, patent research, patent information, evaluation methods, navigational hydrodynamic tools, hydroacoustic tools, bottom contour survey, basic sample

A.F. Zen'kov, P.G. Brodskiy, V.P. Len'kov. On the issue of evaluation of the level of development of navigational hydrographic tools and technologies based on patent information // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 93

Discusses the main GOST P15.011-96 requirements as to the patent research organization with regard to the development of promising engineering tools and technologies. Shows the role of patent research in the detection of innovative solutions in the course of research and development activities. Summarizes and presents the main approaches to evaluation of the scientific and technological level of development of promising tools and methods of the navigational hydrodynamic support for the seafaring based on patent information. Vol.1. Reference list 6 titles.

UDC 627.77 **Keywords:** accident, submarine, search-and-rescue actions, rescue support, database, simulation modeling, informational support

V.N. Ilyukhin. On the issue of improvement of the rescue of damaged submarine crews. Commemorating the 15th anniversary of the wreck of «Kursk» nuclear submarine // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 97

Based on the experience of rescue operations on damaged submarines and their analysis, it is dealt with scientific methodological approaches to the construc-

tion and practical realization of a complex automated system for informational support of marine rescue operations with regard to damaged submarines. Reference list 5 titles.

UDC 534.222 **Keywords:** products, dehumidification, convective and heat drying, Nonlinear acoustics, acoustic drying chamber

S.A. Bakharev, L.M. Klyachko, A.V. Rogozhnikov, V.K. Smirnov. Low-temperature foodstuff dehumidification in sonic fields // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 103

Suggests using acoustic waves of different strength to intensify the process of foodstuff dehumidification in natural environment as well as for even dehumidification with a substantial reduction of heat energy consumption in low-temperature acoustic drying chambers (LTADC). Provides the results of fish dehumidification obtained in process of industrial testing of the LTDAC in the Republic of Korea and Vietnam in the years 2008–2013. Pic. 4. Reference list 11 titles.

UDC 627.717.3 **Keywords:** winter navigation, Volgo-Caspian Basin

M.A. Abdulatipov, V.K. Kalachev, I.K. Kuz'michev. Role and problems of winter navigation in the Volgo-Caspian Basin // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 107

Analyses the problems of winter navigation in the Volgo-Caspian Basin leading to a freight turnover decline in the Caspian Sea ports. Proposes some methods to increase the winter navigation efficiency, which will contribute to the development of water transportation of goods in the basin as a whole and particularly in the Astrakhan water-transport hub. Vol. 1. Reference list 2 titles.

UDC 378.96 **Keywords:** Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, specialties, science, education

«All the maritime and inland shipping specialties are on demand» // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 109

An interview with S.O. Baryshnikov, the rector of Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, prepared by I. Osochnikov. The rector tells about training of specialists for maritime and inland shipping, maritime terminal employees, when the branch experiences severe shortage of them, as well as about potential to carry out researches and specific character of cadets education. Pic. 4.

UDC 629.123 **Keywords:** world shipbuilding, SMM-2014, marine facilities, environmental conservation, marine fuel, liquefied natural gas

E.A. Gorin, K.S. Chernov. Global shipbuilding in 2014 – course for green shipping. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 113

Upgrading of marine facilities efficiency and issues of environmental conservation are presented as discussed. Lean and clean technologies featured in the exhibition SMM-2014 and their use in shipbuilding and marine transport as well as current state and trends of liquefied natural gas use are reviewed. Information on advances in shipbuilding branch is given. Pic. 10. Part 1 – see «Morskoy Vestnik», 2015. №.2, P. 109

UDC 629.5 **Keywords:** O.F. Yakob, war, ship, design
V.E. Yuhnin. O.F. Yakob – a creator of the first domestic missile ships // Morskoy Vestnik. 2015. №.3. P. 119

Provides a thorough introduction to the trajectory of life of Orest Fedorovich Yakob, his contribution to design and building of ships for the Navy and principally to creation of the first domestic missile ships of the Project 57bis. Pic. 4. Reference list 2 titles.