

Морской



Вестник

№ 1 (41)

М а р т

2 0 1 2

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik

1877

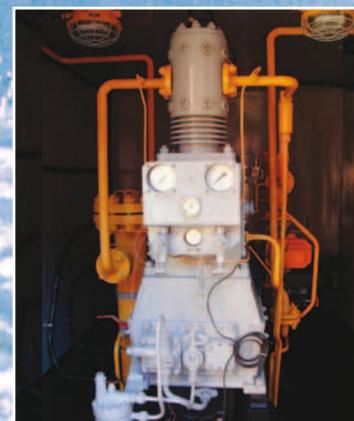
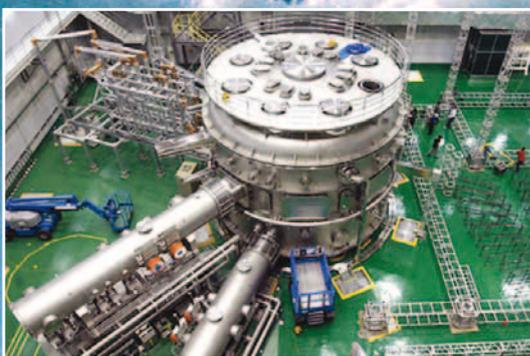
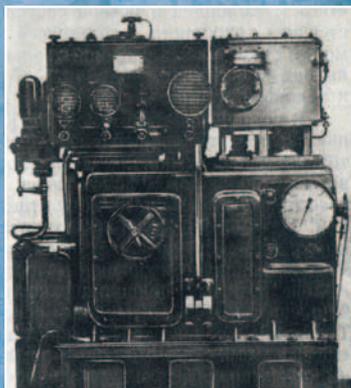
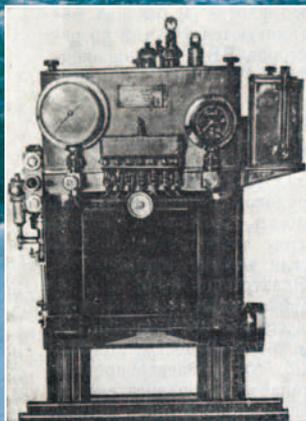


КОМПРЕССОР

www.compressor.spb.ru



2012





НАГРАДА КОРАБЕЛАМ ЗА СОЗДАНИЕ КОРВЕТА ПРОЕКТА 20380

Правительство Российской Федерации
Распоряжение от 11 марта
2011 г. № 401-рх

Присудить премии Правительства Российской Федерации 2010 года в области науки и техники и присвоить звание «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники»:

Шляхтенко Александру Васильевичу, доктору технических наук, профессору, генеральному директору – генеральному конструктору открытого акционерного общества «Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз», руководителю работы, **Гаврилову Владимиру Григорьевичу**, главному конструктору проектов – начальнику сектора,

Голубеву Константину Геннадьевичу, главному инженеру, **Иванову Игорю Николаевичу**, главному конструктору проекта, **Миронову Алексею Анатольевичу**, начальнику сектора, работникам того же акционерного общества; **Вернигоре Андрею Петровичу**, первому заместителю начальника Управления развития и организации заказов кораблей, морского вооружения и военной техники Министерства обороны Российской Федерации; **Римашевскому Адаму Адамовичу**, доктору педагогических наук, кандидату военных наук, профессору, начальнику федерального государственного учреждения высшего профессионального образования «Военно-морская академия имени Адмирала Флота

Советского Союза Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; **Рыжову Валерию Александровичу**, кандидату технических наук, главному конструктору по машиностроению открытого акционерного общества холдинговая компания «Коломенский завод»; **Уляшеву Александру Александровичу**, заместителю главного строителя открытого акционерного общества Судостроительный завод «Северная верфь», **Фомичёву Андрею Борисовичу**, генеральному директору того же акционерного общества, – за создание и внедрение многоцелевого корвета проекта 20380.

Председатель Правительства Российской Федерации

В. Путин ■



СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

Морской Вестник

Morskoy Vestnik



№1(41)
м а р т
2 0 1 2

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова
К.П. Борисенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

С.П. Алексеев, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»
С.П. Андрущук, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»
С.О. Барышников, ректор СПбГУВК
А.С. Бузаков, врио генерального директора
ОАО «Адмиралтейские верфи»
Н.М. Вихров, генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»
Л.Г. Грабовец, генеральный директор ОАО «СФ «Алмаз»
Г.В. Егоров, генеральный директор
ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»
Л.М. Клячко, генеральный директор ОАО «ЦНИИ «Курс»
С.Р. Комаров, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»
Е.В. Комраков, генеральный директор
ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт»
Э.А. Конов, директор ООО «Издательство «Мор Вест»
Г.А. Коржавин, генеральный директор
ОАО «Концерн «Транзит-Электрон»
А.В. Кузнецов, генеральный директор ОАО «Армалит-1»
Л.Г. Кузнецов, генеральный директор
ОАО «Компрессор»
А.П. Матлах, генеральный директор
ООО «НПО «Полярная звезда»
Г.Н. Муру, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»
Н.В. Орлов, председатель
Санкт-Петербургского Морского собрания
В.А. Солонько, председатель Совета директоров
ЗАО «НПО Севзапспецавтоматика»
В.И. Спиридопуло, генеральный директор
ОАО «Северное ПКБ»
Д.В. Суслов, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»
Г.В. Тарица, генеральный директор
ООО «ПКБ «Петробалт»
В.С. Татарский, генеральный директор ОАО «ЭРА»
А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксипишнс»
Р.А. Урусов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»
Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн «МорФлот»
А.Б. Фомичёв, генеральный директор
ОАО «СЗ «Северная верфь»
В.В. Шаталов, генеральный директор
ОАО «КБ «Вымпел»
К.Ю. Шилов, генеральный директор
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»
А.В. Шляхтенко, генеральный директор –
генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ «Алмаз»
В.Е. Юхнин, генеральный конструктор
ОАО «Северное ПКБ»

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

<i>Награда кораблям за создание корвета проекта 20380</i>	1
<i>К 75-летию генерального конструктора В.Е. Юхнина</i>	7
В.И. Спиридопуло. Военно-техническое сотрудничество <i>ОАО «Северное ПКБ» с Республикой Индия</i>	8
<i>ОАО «СФ «Алмаз»: стабильность и надежность. Итоги 2011 года</i>	13

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

А.А. Веселов. Определение размеров концов труб после раздачи <i>методом пластического деформирования</i>	15
С.В. Горин, М.В. Куклин. Особенности применения резонаторов Гельмгольца <i>в трубопроводных системах морских судов</i>	18
С.П. Андрущук, О.Е. Лозицкий, А.В. Моря, В.А. Пудев. Мехатронный <i>электропривод системы управления главной энергетической установки</i>	21
А.А.Равин. К вопросу о выборе тепловизора <i>для диагностирования судового электрооборудования</i>	24
Б.Ф. Дмитриев, А.М. Лихоманов. Взаимосвязанный широтно-импульсный <i>преобразователь в составе автономной системы электропитания</i>	28
М.П. Тихомиров, С.С. Стародед. Особенности применения <i>микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики</i> <i>в распределительных устройствах систем электродвижения судов</i>	32
М.С. Хвостова. История создания, перспективы строительства <i>и обеспечение безопасности плавучих атомных теплоэлектростанций</i>	33

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

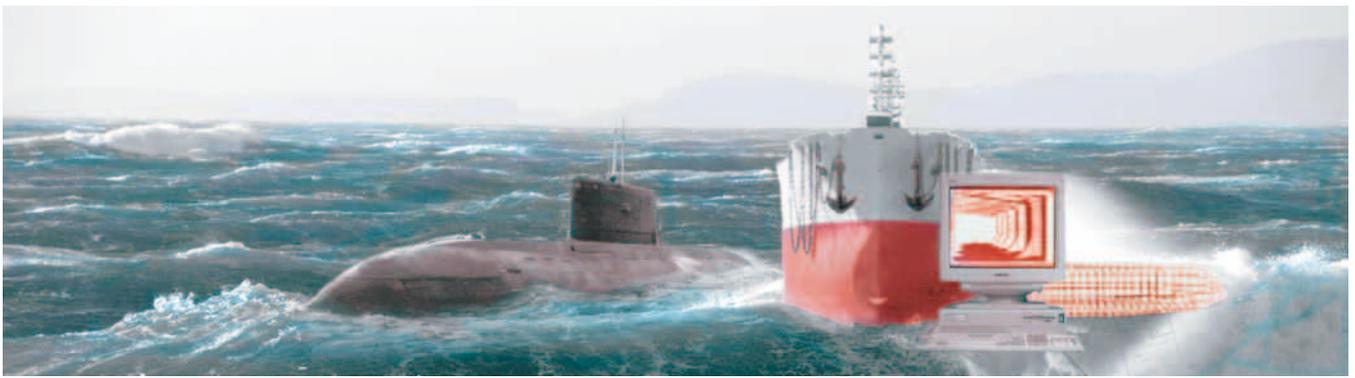
<i>ОАО «Концерн «НПО «Аврора»: соглашение о стратегическом партнерстве</i>	39
В.Н. Волобуев, А.Ф. Гаврилов, А.Б. Дымент, Н.М. Киваев, С.Е. Новосёлов. <i>Структура и организация функционирования интегрированных систем</i> <i>боевого управления перспективных неатомных подводных лодок</i>	39
Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подоплёкин, В.П. Иванов. <i>Состояние и стратегия развития корабельных радиолокационных средств</i>	43
<i>Россия возвращается в океан</i>	48
<i>«Транзас» в 2011:</i> <i>разработки для ВПК – новые морские системы и электроника</i>	51

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А.В. Третьяков, В.А. Колесник, В.А. Солонько. <i>Анализ номенклатуры и основных характеристик извещателей, входящих</i> <i>в состав систем контроля пожарной обстановки объектов ВМФ, как основы</i> <i>их информационного обеспечения</i>	57
--	----

ОСВОЕНИЕ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

И.А. Степанюк, Н.С. Фролова. Способность рыб предчувствовать <i>опасные гидрометеорологические явления</i>	61
--	----



БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

Ю.В. Румянцев, А.Н. Лукин. Пути развития систем обеспечения безопасности мореплавания в арктических водах России 65

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

К 55-летию Г.Д. Филимонова 69
Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, Б.Н. Станков, А.В. Печенюк.
 Оптимизация обводов судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» 71
К.Е. Сазонов, Н.Ю. Клементьева. Динамические свойства закоренных плавучих сооружений при взаимодействии с ледяными образованиями 78
А.П. Матлах, Ю.И. Нечаев, В.И. Поляков. Адаптивный прогноз динамики судов активного ледового плавания 81
К 90-летию профессора Е.Н. Андреева 87
С. О. Барышников. Упругая устойчивость. Критерии устойчивости 89
А.С. Воробьев. Исследование полей осредненных и пульсационных скоростей в ближнем следе тела вращения 91
П.А. Шауб. Об одном подходе к поиску оптимального решения 95

БИЗНЕС И ПРАВО

С.С. Павлов. Существенные условия договора морской перевозки грузов по чартеру 97
К.Ю. Крючков. Реинжиниринг бизнес-процессов как направление реструктуризации деятельности промышленного предприятия 99
П.К. Третьяков, В.В. Ханьчев. Автоматизация процесса формирования календарного плана мероприятий при планировании целевых программ создания морской техники 103
С.В. Белозёров. Модель определения цены танкера с учетом маркетинговых факторов 106

МОРСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В.Н. Половинкин. Современное состояние и проблемы государственной аттестации научных и научно-педагогических работников судостроительной отрасли 110
 Новые горизонты морского образования 115

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ

Всемирная морская технологическая конференция WMTC-2012, 29 мая – 1 июня 2012, Санкт-Петербург 94

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Выездное заседание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области 116

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

ОАО «СЗ «Северная верфь»: на пути к столетнему юбилею 117
С.П. Сырый. Пятнадцатый морской министр императорского флота России адмирал А.А. Бирилев 121
Ю. А. Филимонова. Версальская флотилия 125

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

37-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания 128

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук
 Тел./факс: (812) 6004586
 Факс: (812) 5711545
 E-mail: morvest@gmail.com
 www.morvest.korabel.ru

Редакционная коллегия

К.Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.
Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Ю.В. Варганов, канд. истор. наук, доцент
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
Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
С.И. Логачёв, д-р техн. наук, проф.
П.И. Малеев, д-р техн. наук
Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.
В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В.И. Поляков, 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
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н.П. Шамапов, д-р техн. наук, проф.
Б.А. Царёв, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586
 E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичёва
Дизайн, верстка
С.А. Кириллов

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.

Электронные версии журналов 2006–2011 гг. размещены на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elib.ru и включены 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 №221.

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

Морской Вестник



№1(41)
m a r c h
2 0 1 2

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Co-chairmen:

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

K.P. Borisenko, Rector SPbSMTU

Council Members:

S.P. Alekseev, General Director JSC SRNHI

S.P. Andryuschyuk, General Director

JSC Control Systems and Instruments

S.O. Baryshnikov, Rector SPbSUWC

A.S. Buzakov, Acting General Director

JSC Admiralty Shipyards

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

G.D. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

A.B. Fomichev, General Director

JSC SP Severnaya Verf

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC R.E.T. Kronshstadt

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit-1

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director

JSC SPA Poliarnaya Zvezda

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB «Vympel»

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shliakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

V.A. Solon'ko, Chairman of the Board of Directors

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

Y.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

D.V. Suslov, Director JSC CRISM

G.V. Taritsa, General Director JSC PDB Petrobalt

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

V.E. Yukhnin, General Designer

JSC Severnoye Design Bureau

CONTENTS

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING

- Award to shipbuilders for creation of Project 20380 corvette*..... 1
- To the 75th anniversary of General Designer, V.E. Yuhmin*..... 7
- V.I. Spiridopulo**. *Military-technical cooperation of the OJSC «Northern Design Bureau» with the Republic of India* 8
- OJSC «SF «Almaz»: stability and reliability. 2011 Results* 13

POWER PLANTS AND MARINE EQUIPMENT

- A.A. Veselov**. *Determination of pipe ends after the expansion by plastic deformation*..... 15
- S. V. Gorin, M.B. Kuklin**. *Features of using Helmholtz resonators in piping systems of marine ships* 18
- S.P. Andruschuk, O.E. Lozitsky, A.V. Morya, V.A. Gudev**. *Mechatronic electric actuator of main power plant control system*..... 21
- A.A. Ravin**. *On selection of thermal imager for diagnostics of ship's electrical equipment* 24
- B.F. Dmitriev, A.M. Likhomanov**. *The interconnected pulse-width converter in autonomous power system*..... 28
- M.P. Tikhomirov, S.S. Staroded**. *Features of application of microprocessor relay protection and automation in switchgear of ships' electric propulsion systems* 32
- M.S. Khvostova**. *History, perspectives of building and provision of safety of floating nuclear heat and power plants*..... 33

RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

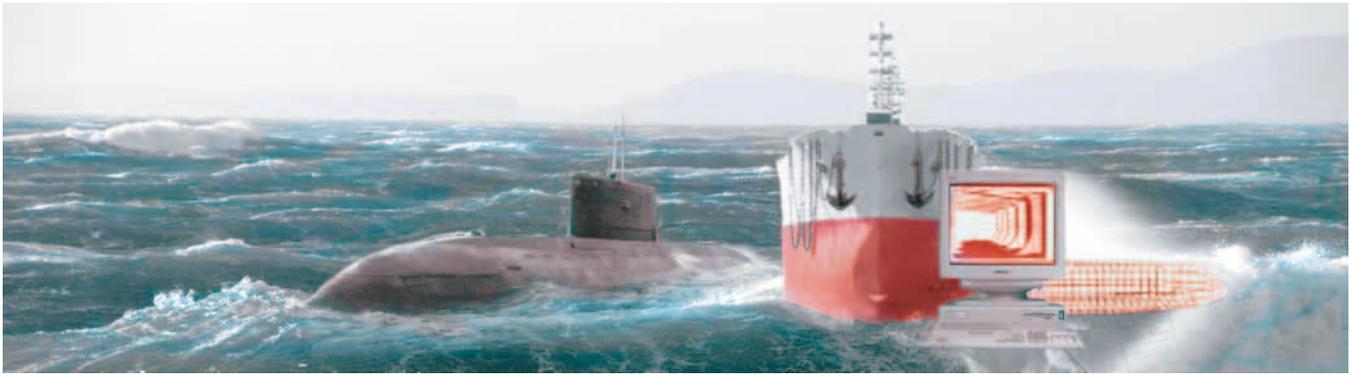
- OJSC «Concern» NPO «Aurora»: a strategic partnership agreement*..... 39
- V.N. Volobuev, A.F. Gavrilov, A.B. Dymont, N.M. Kivaev, S.E. Novoselov**. *Structure and organization of functioning of integrated tactical control systems of prospective non-nuclear submarines*..... 39
- G.A. Korzhavin, Y.F. Podoplekin, V.P. Ivanov**. *Status and Development Strategy for shipboard radars*..... 43
- Russia is back to the ocean* 48
- «Transas» in 2011: MIS projects – new marine systems and electronics* 51

INDUSTRIAL SAFETY

- A. V. Tretyakov, V.A. Kolesnik, V.A. Solonko**. *Analysis of the nomenclature and main characteristics of detectors included in fire situation control systems of Navy facilities as the basis of their information security* 57

OCEAN AND SHELF DEVELOPMENT

- I.A. Stepaniuk, N.S. Frolova**. *The ability of fish to anticipate dangerous hydrometeorological phenomena*..... 61



NAVIGATION SAFETY

- Y.V. Rumyantsev, A.N. Lukin.** *Ways of development of safety systems of navigation in Arctic waters of Russia* 65

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

- To the 55th anniversary of G.D. Filimonov* 69
- G.V. Egorov, V.I.T onyuk, B.N. Stankov, A.V. Pechenyuk.**
Optimization of the shape of mixed navigation ships of «Volga-Don max» class 71
- K.E. Sazonov, N.Y. Klementeva.**
Dynamic properties of anchored floating structures in contact with ice formations 78
- A.P. Matlakh, Y.I. Nechaev, V.I. Polyakov.**
Adaptive forecast of dynamics of active ice sailing ships..... 81
- To the 90th anniversary of Professor E.N. Andreev* 87
- S.O. Baryshnikov.** *Elastic stability. Criteria for stability* 89
- A.S. Vorobyev.** *Studying fields of averaged and fluctuation velocities in the near wake of a rotation body* 91
- P.A. Schaub.** *On a single approach to finding optimal solutions* 95

BUSINESS AND LAW

- S.S. Pavlov.** *Material conditions of the contract for carriage of cargo by sea under marine charter*..... 97
- K.Y. Kryuchkov.** *Reengineering of business processes as the direction of restructuring industrial enterprise activity*..... 99
- P.K. Tretyakov, V.V. Hanychev.** *Automating the process of forming the schedule of activities in planning targeted programs on production of marine equipment* 103
- S.V. Belozero.** *Model for determination of tanker price taking into account market factors* 106

MARINE EDUCATION

- V.N. Polovinkin.** *Current status and problems of state certification of scientific and pedagogical workers in shipbuilding industry* 110
- New horizons for marine education* 115

EXHIBITIONS. CONFERENCE

- World Maritime Technology Conference WMTC–2012, May 29–June 1, 2012, St.Petersburg*..... 94

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- The Annual Meeting of the Association of Shipbuilders of St. Petersburg and Leningrad region* 116

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- OJSC Shipyard «Northern shipyard»: on the way to the hundredth anniversary* 117
- S.P. Siry.** *Fifteenth Naval Minister, Admiral of the Imperial Russian Navy, A.A. Birlev* 121
- Y.A. Filimonova.** *Versailles flotilla*..... 125

IN MARITIME COLLECTION

- The 37th Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Board*..... 128

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.
Phone/Fax: +7 (812) 6004586
Fax: +7 (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail.com
www.morvest.korabel.ru

Editorial Collegium

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.
Y.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.
Y.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Y.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.
V.G. Nikiforov, D. Sc., Prof.
Y.F. Podoplekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia
V.I. Polyakov, D. Sc., Prof.
L.A. Promyslov, Ph. D.
Y.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.
N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.
Y.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.
B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.
Y.V. Varganov, Ph. D.

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T.I. Ilyichiova

Design, imposition

S.A. Kirillov

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 magazines electronic versions of 2006–2011 are placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya biblioteka" www.elibrary.ru and are 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 № 221.

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.

20 февраля 2012 г. исполнилось 75 лет генеральному конструктору ОАО «Северное ПКБ» Владимиру Евгеньевичу Юхнину, одному из видных руководителей высокого уровня в судостроительной отрасли, доктору технических наук, профессору. В.Е. Юхнин – действительный член Российской инженерной академии, Санкт-Петербургской инженерной академии, заслуженный инженер и почетный судостроитель России. Он является членом НТС военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации, членом Морского Собрания Санкт-Петербурга, членом ученого совета ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, председателем научно-технического совета ОАО «Северное ПКБ», членом редакционного совета и редколлегии ряда отраслевых журналов.

В 1960 г. В.Е. Юхнин окончил Ленинградский кораблестроительный институт и был распределен в ЦКБ-53 (так тогда называлось «Северное ПКБ»), где прошел все этапы конструкторской карьеры от инженера, заместителя главного конструктора до начальника – генерального конструктора Бюро.

По проектам, разработанным под руководством Владимира Евгеньевича и при его участии, построено более 100 крупных боевых кораблей и 15 гражданских судов.

В.Е. Юхнин принимал участие в проектировании, строительстве и испытаниях кораблей пр. 56, 56К, 58 и 61, в создании большого противолодочного корабля пр. 1135 от эскизного проекта до его сдачи и запуска в серийное производство, а также участвовал в разработке проектов боевых кораблей третьего поколения – тяжелых атомных крейсеров пр. 1144; ракетных крейсеров пр. 1164; больших противолодочных кораблей пр. 1155; эсминцев пр. 956; пограничных сторожевых кораблей пр. 11351; экспортных фрегатов пр. 61ЭМ и ряда других. Будучи председателем Координационного совета, выступал организатором взаимодействия с предприятиями, участвующими в их строительстве, возглавлял разработку и реализацию проекта восстановления крейсера «Аврора».

В 1990–2000 гг. под руководством В.Е. Юхнина и при его участии были созданы и сданы военно-морскому флоту тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» и большой противолодочный корабль «Адмирал Чабаненко». Оба эти корабля являются, по существу, головными. Они вобрали в себя все лучшее, что было создано судостроительной промышленностью, а высокие

К 75-ЛЕТИЮ ГЕНЕРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА В.Е. ЮХНИНА

ОАО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. (812) 784 1140



корабельные качества и боевая мощь позволяют считать их кораблями XXI в.

В рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы» разработаны концептуальные проекты научно-исследовательских судов в интересах Министерства промышленности и торговли и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Под общим научным руководством Владимира Евгеньевича на основе разработанной им методологии системного проектирования определены архитектурные облики новых высокотехнологичных и наукоемких судов для обеспечения экологического мониторинга окружающей среды и разведки месторождений углеводородов на российском Арктическом шельфе.

В Бюро выполнены исследования в области проектирования судов ледового плавания. Исходя из перспектив долгосрочного экономического развития России и учитывая, что треть мировых запасов углеводородов находится в российском секторе Арктики, В.Е. Юхнин в 2008–2009 гг. инициативно предложил концептуальную разработку уникального пограничного сторожевого корабля ледового класса Arc 4 водоизмещением около 4000 т в интересах Федеральной пограничной службы ФСБ Российской Федерации, ее Береговой охраны.

Под руководством В.Е. Юхнина разрабатывалась документация эскизного

и технического проекта современного фрегата пр. 22350, осуществлялась координация проектных работ по строительству головного корабля «Адмирал Флота Советского Союза Горшков», его спуску в 2010 г. и достройке.

Сегодня В.Е. Юхнин уделяет особое внимание работе с молодыми специалистами. Заведую кафедрой «Кораблестроение» Санкт-Петербургского морского технического университета (с 1990 г.), он передает накопленный опыт и знания будущим корабелам. В настоящее время он – председатель редакционно-издательского совета по подготовке учебной и научно-технической литературы по судостроению при Центральном правлении НТО им. акад. А.Н. Крылова. Под руководством и при личном участии Владимира Евгеньевича с 2008 г. в Бюро организована и функционирует учебная кафедра СПбГМТУ, на которой обучаются студенты – будущие сотрудники ОАО «Северное ПКБ», а также молодые специалисты Бюро.

Владимир Евгеньевич – автор более 60 научных трудов и изобретений, среди которых – 32 печатные работы, 2 книги, 2 цикла лекций, 12 монографий и 16 изобретений.

В 2003 г. В.Е. Юхнин награжден Комитетом РФ по военно-техническому сотрудничеству с иностранными государствами национальной премией первой степени «Золотая идея» за вклад в разработку экспортно-ориентированной продукции.

В.Е. Юхнин является Почетным гражданином Кировского района Санкт-Петербурга.

Он награжден орденами «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2006); Октябрьской революции (1988); Трудового Красного Знамени (1985); «Знак Почета» (1977); Орденом почёта (2003); медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1970); «300 лет Российскому фоту» (1996); «В память 300-летия Санкт-Петербурга» (2003); Почетной грамотой Правительства РФ (2002).

В.Е. Юхнин – почетный судостроитель Минпромэнерго РФ (2003 г.). ■

Редакционный совет, редколлегия, редакция журнала «Морской вестник», а также друзья и коллеги поздравляют Владимира Евгеньевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов в деле развития кораблестроения.

Военно-техническое сотрудничество ОАО «Северное ПКБ» с Республикой Индия имеет давнюю традицию. Еще в 1974–1976 гг. на основании распоряжения Совета Министров СССР Северное ПКБ на базе отечественного пр. 61М разработало проект фрегата 61МЭ, предназначенного для Индии. Таким образом, впервые в практике отечественного кораблестроения были спроектированы и построены для зарубежного заказчика боевые корабли большого (около 5000 т) водоизмещения.

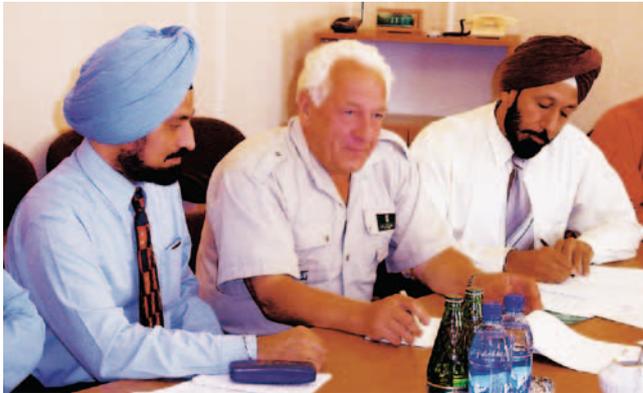
С этого момента стало возможным говорить о начале нового этапа военно-технического сотрудничества Советско-

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ОАО «СЕВЕРНОЕ ПКБ» С РЕСПУБЛИКОЙ ИНДИЯ

В.И. Спиридопуло, генеральный директор ОАО «Северное ПКБ», контакт. тел. (812) 784 8207

ледным аппаратом. На их борту имелись гидроакустический комплекс с подкильной и буксируемой антеннами, вертолет

ки, мореходности, так и боевые. Вместе с тем корабли просты в обслуживании, что позволяет эксплуатировать их на протяжении длительного периода. Высокую оценку главному кораблю «Rajput» дала премьер-министр Республики Индия Индира Ганди во время ее посещения в 1981 г.



Обсуждение перспектив сотрудничества с индийскими заказчиками. В центре – генеральный конструктор Северного ПКБ В.Е. Юхнин

го Союза с зарубежными странами, заключающегося не просто в продаже уже готового изделия, а в его создании под конкретные (порой весьма сложные и противоречивые) требования партнера.

Корабли пр. 61МЭ были оснащены ударным и зенитным ракетным вооружением, артиллерийскими 76,2-мм и 30-мм установками, реактивными бомбометными установками и 5-трубным тор-

с ангаром в прочном корпусе, а также радиотехническое вооружение и современные средства связи.

Строительство пяти кораблей данного проекта велось на заводе им. 61 коммунара в г. Николаев. Головной фрегат серии «Rajput» был передан ВМС Индии в 1980 г., а последний – в 1987 г. (табл. 1).

Корабли этой серии показали высокие эксплуатационные характеристи-



Индира Ганди и главный конструктор пр. 61МЭ А.Д. Шишкин, 1981 г.

Корабли пр. 61МЭ до сих пор находятся на вооружении ВМС Индии и, как правило, выполняют флагманские функции. В настоящее время эти эсминцы проходят модернизацию, заключающуюся, в частности, в оснащении индийско-российским противокорабельным комплексом «BrahMos», а также современным ЗРК.

По просьбе индийского правительства и согласно распоряжению Совета Министров СССР Северное ПКБ совместно с представителями ВМФ в свое время определили состав вооружения и военной техники советского производства для установки на кораблях, проектируемых в Индии. В 1984–1986 гг. в Дели были командированы специалисты Северного ПКБ, а также ряда контрагентских предприятий для совместного участия в разработке эскизных и технических пр. 15 и пр. 25 для ВМС Индии.

В дальнейшем конструкторы СПКБ участвовали в монтаже, наладке и испытаниях вооружения и военной техники отечественного производства, установленных на этих кораблях. Головной



Корабль пр. 61МЭ «Ranvir»

Сроки строительства кораблей пр. 61МЭ

Таблица 1

Название	Дата			
	закладки	спуска на воду	ввода в строй	передачи ВВС Индии
«Rajput» («Надёжный»)	11.09.1976	17.09.1977	30.11.1979	04.05.1980
«Rana» («Губительный»)	29.11.1976	27.09.1978	30.09.1981	10.02.1982
«Ranjit» («Ловкий»)	29.06.1977	16.06.1979	20.07.1983	24.11.1983
«Ranvir» («Твёрдый»)	24.10.1981	12.03.1983	30.12.1985	21.04.1986
«Ranjivey» («Толковый»)	19.03.1982	01.02.1986	15.10.1987	24.02.1988

корабль пр. 15 «Delhi» был сдан флоту в 1997 г. За последние десятилетия на верфях заказчика («Mazagon Dock», г. Мумбай и «Garden Reach», г. Калката) при техническом содействии российской стороны были построены и сданы флоту корабли пр. 15, 16, 16А, 25 и 25А.



Корвет пр. 25

В настоящее время фрегаты, построенные по пр. 15, 16 и 25 на судостроительных верфях Индии при техническом содействии специалистов Северного ПКБ и контрагентов, успешно несут службу в составе ВМС этой страны.

С 1999 г. Северное ПКБ оказывает техническое содействие в проектировании индийскими специалистами корабля пр. 17. В частности, Бюро сов-

комплексы вооружения, системы и оборудование российской поставки.

ВМС Индии приняли на вооружение головной фрегат «Shivalik», построенный по национальному пр. 17 с применением технологии Stealth. Передача корабля ВМС состоялась 21 апреля 2010 г.

на судостроительном заводе «Mazagon Dock». Проектирование и строительство кораблей данного проекта ведется при техническом содействии специалистов ОАО «Северное ПКБ».

Фрегаты «Shivalik» станут основными кораблями ВМС Индии в первой половине XXI в. Всего планируется построить серию из 10 кораблей, строительство второй серии из семи кораблей



Фрегат пр. 17 «Shivalik»

местно со специалистами ВМФ подготовило и утвердило состав российского вооружения этого корабля. В 2002 г. в Бюро была разработана и передана заказчику проектная документация по пр. 17, а в 2007 г. – приемно-сдаточная и эксплуатационная документация на

в настоящее время находится на стадии планирования.

Начало постройки кораблей класса «Shivalik» было положено в первой половине 2000-х гг., после того как в 1999 г. ВМС Индии разместили заказ на первые фрегаты. Сейчас на разных стадиях



Фрегат пр. 17 «Satpura»

строительства и испытаний находятся еще два корабля данного класса – «Satpura» и «Sahyadri». Они приняты на вооружение ВМС Индии в 2011 г.

Полное водоизмещение фрегатов класса «Shivalik» составляет 5300 т. Они способны развивать скорость до 30 уз. Вооружение данных кораблей включает в себя противокорабельный ракетный комплекс Club-N; ракетные системы ПВО «Штиль-1» и Barak; АУ ОТО Melara калибра 76 мм; 2 АУ АК-630М калибра 30-мм; 2 трехтрубных торпедных аппарата, 2 РБУ-6000. В состав авиагруппы фрегатов могут входить два вертолета Dhruv или Sea King. Кроме этого, корабли оборудованы локальной информационной сетью (LAN). Радиотехническое вооружение – РЛС «Фрегат-М2ЭМ», ЗЦ-25Э.

Ярким примером сотрудничества является совместная разработка принципиально новой боевой информационно-управляющей системы для пр. 17, способной решать задачи боевого управления вооружением не только собственного корабля, но и всего корабельного соединения.

В конце 1990-х гг. по заказу ВМС Республики Индия была разработана документация для фрегата пр. 11356, при этом за основу был взят спроектированный Северным ПКБ сторожевой корабль пр. 11351, серийно строившийся по заказу морских сил погранвойск КГБ в 80-х гг. XX в. Фрегат имел стандартное водоизмещение 3830 т и полное – 4035 т. Одной из его отличительных особенностей стало вооружение, образцы которого принимались и испытывались вместе с кораблем (Club-N, А-190 с СУ «Пума»).

Новый противокорабельный ракетный комплекс Club-N конструктивно реализован в виде универсальной вертикальной пусковой установки с крылатыми ракетами ЗМ-54Э, имеющими отдельную на конечном участке траектории полета сверхзвуковую боевую часть и способными поражать хорошо защищенные цели на дальности до 200 км. Club-N создан екатеринбургским ОАО «ОКБ «Новатор» и является первым в отечественной практике корабельным ударным комплексом с вертикальным стартом ракет.

Фрегат пр.11356 получил и другое новейшее вооружение – 100-мм артиллерийскую установку А-190 с системой управления «Пума» и зенитный ракетный комплекс среднего рубежа (ранее не устанавливавшийся ни на одном из российских военных кораблей). Защиту от средств воздушного нападения в ближней и ближайшей зонах обеспечивает зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Каштан».

Помимо ударного и зенитного на фрегате предусмотрено противолодоч-

ное вооружение, состоящее из двух гидроакустических станций (буксируемой и в бульбовом обтекателе), двух торпедных аппаратов и реактивной бомбометной установки. Дополняет противолодочный комплекс вертолет постоянного базирования.

Обладает особенностями и главная энергетическая установка корабля пр. 11356. Она состоит из двух маршевых и двух форсажных газовых турбин, причем на малых ходах на оба гребных вала может работать только одна турбина. Этим достигается значительная экономия топлива и моторесурса ГЭУ. Скорость полного хода фрегата составляет 30 уз.

Корпус фрегата имеет не совсем привычный для отечественных кораблей внешний вид. Он проектировался с учетом требований по снижению радиолокационной заметности и, как следствие, имеет надстройку с большими углами завала стенок, интегрированную с основным корпусом.

По пр. 11356 на ОАО «Балтийский завод» было осуществлено строительство трех фрегатов (табл. 2), которые после испытаний были переданы индийской стороне.

зенитного комплексов. Ракетный комплекс Club-N был заменен на РК «BrahMos» индийско-российского производства, а на смену ЗРАК «Каштан» пришли 30-мм автоматы АК-630М. Кроме того,



Фрегат пр. 11356

планировались различные доработки по корпусной части и улучшению условий обитаемости личного состава.

Решение об утверждении технического откорректированного проекта за №253/5/5771 состоялось 20 декабря 2007 г. К этому времени головной корабль серии был уже заложен на ОАО «ПСЗ «Янтарь» в Калининграде (табл. 3).

Таблица 2

Сроки строительства фрегатов пр. 11356

Зав.№	Название	Дата		
		закладки	спуска на воду	ввода в строй
01301	«Talwar» («Меч»)	10.03.1999	12.05.2000	18.06.2003
01302	«Trishul» («Трезубец»)	24.09.1999	24.11.2000	25.06.2003
01303	«Tabar» («Секира»)	25.05.2000	25.05.2001	19.04.2004

Таблица 3

Сроки строительства фрегатов улучшенного пр. 11356

Зав.№	Название	Дата	
		закладки	спуска на воду
01354	«Teg» («Сабля»)	27.07.2007	27.11.2009
01355	«Tarkash» («Лук»)	11.06.2008	24.06.2010
01356	«Trikan» («Колчан»)	27.11.2008	

Возможность создания второй тройки фрегатов для ВМС Индии обсуждалась с начала работ по строительству «Talwar». Представители заказчика неоднократно в неофициальной форме выражали желание о продлении серии в случае положительного опыта эксплуатации первых кораблей.

В начале августа 2005 г. Бюро получило обращение из Рособоронэкспорта, в котором сообщалось о том, что от индийской стороны поступила официальная заявка на поставку еще трех кораблей пр. 11356 с предложениями по улучшению их ТТХ. Контрактная спецификация была предоставлена заказчику в середине сентября 2005 г., а уже 26 сентября были проведены первые переговоры. Изменения состава вооружения коснулись в основном ударного и

Предполагается, что передача фрегатов ВМС Индии состоится в 2011–2012 гг.

В конце 2008 г. ОАО «Северное ПКБ» под эгидой ФГУП «Рособоронэкспорт» приступило к налаживанию контактов с частными верфями Республики Индия в рамках программы перспективного развития индийского флота. На основе решений Министерства промышленности и торговли РФ ОАО «Северное ПКБ» стало участником выполнения внешнеторговых контрактов. В настоящее время в Бюро ведутся совместные работы с компанией «Piravay Shipyard Ltd» по проектированию патрульных кораблей морской зоны класса NORV для ВМС Индии.

Сегодня в качестве возможных направлений военно-технического со-

трудничества ОАО «Северное ПКБ» с другими странами рассматриваются следующие: проектирование вооружения и военной техники в интересах заказчика; совместное проекти-

рование и модернизация вооружения и военной техники в интересах заказчика; проведение совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; создание совместных предприятий по разработке, производству и экспорту современных образцов вооружений; участие в проводимых тендерах по выбору перспективных образцов вооружения и военной техники для национальных вооруженных сил.

Реализация этих направлений повышения эффективности военно-технического сотрудничества невозможна без долгосрочного планирования, так как требуется проведение широкого круга научных исследований, в том числе маркетинговой направленности. Позитивная динамика военно-технического сотрудничества России с иностранными государствами убедительно говорит о том, что отечественные разработчики и производители оружия на равных конкурируют с ведущими мировыми производителями военной техники.

События, происходящие в современном, далеком от стабильности мире, приводят к существенным изменениям на рынках вооружений. Однако корабельные ОАО «Северное ПКБ» готовы к этим изменениям и способны в реальном времени отвечать на потребности мирового рынка морских вооружений.

Высокий научно-технический потенциал, современная производственная база, а также налаженные связи с ведущими научно-техническими центрами и судостроительными компаниями позволяют ОАО «Северное ПКБ» разрабатывать высокотехнологичные, наукоемкие и конкурентоспособные проекты боевых кораблей, оперативно реагировать на требования времени и потребности как ВМФ России, так и флотов иностранных государств. ■

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» занимает стабильно лидирующую позицию на рынке судостроения, привлекая тем самым не только российских, но и зарубежных заказчиков. Фирма специализируется на постройке скоростных кораблей и катеров для охраны морских границ, больших и малых кораблей, многоцелевых судов на воздушной подушке, судов и яхт гражданского назначения, поставляемых как в Российскую Федерацию, так и за рубеж.

В минувшем году фирма «Алмаз» успешно завершила испытания и передала заказчику – ВМФ РФ – первый серийный малый артиллерийский корабль пр. 21630 «Волгодонск», поставила во Вьетнам два сторожевых катера пр. 10412 «Светляк» и передала три патрульных катера пр. 12200 «Соболь» для Пограничной службы ФСБ России.

25 ноября 2011 г. на заводе был спущен на воду первый серийный корабль нового поколения пр. 22460 «Бриллиант».



Пограничный сторожевой корабль «Бриллиант» пр. 22460

Этот пограничный сторожевой корабль – одна из последних новинок предприятия. Он был спроектирован Северным проектно-конструкторским бюро (г. Санкт-Петербург) и предназначен для охраны государственной границы и территориальных морей, а также для борьбы с терроризмом и пиратством.

Водоизмещение корабля – 630 т, скорость хода – 30 уз, дальность плавания – 3500 миль, автономность – 30 сут., длина – 62,5 м. Корабль оборудован самыми современными средствами навигации и связи, имеет на борту вертолет, систему автоматизации управления кораблем.

В 2012 г. запланирована передача Погранслужбе ФСБ России двух кораблей этой серии.

В конце декабря 2011 г. состоялось подписание акта приема-передачи первого серийного малого артиллерийского корабля пр. 21630 «Волгодонск» зав. № 702, построенного на верфи для ВМФ России.

ОАО «СФ «АЛМАЗ»: СТАБИЛЬНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ИТОГИ 2011 ГОДА

**ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 4820**



Малый артиллерийский корабль «Волгодонск» пр. 21630

С октября по декабрь 2011 г. корабль успешно прошел все заводские ходовые и государственные испытания.

Корабль спроектирован ФГУП «Зеленодольское проектно-конструкторское бюро» (Татарстан) и предназначен для охраны и защиты 200-мильной экономической зоны государства. Водоизмещение корабля класса река-море – 500 т, скорость – 30 уз, корабль оснащен различными видами современного артиллерийского вооружения.

На сегодняшний день продолжается строительство второго серийного малого артиллерийского корабля пр. 21630, который получил название «Махачкала».

ного судна ледового класса пр. 22120 для Пограничной службы ФСБ России.

Оно спроектировано ООО «Проектно-конструкторским бюро «Петробалт» и предназначено для охраны биоресурсов и контроля экономической зоны государства.

Многолетний опыт судостроителей фирмы «Алмаз», высокое качество исполнения работ, стабильное финансовое положение и уникальный состав работников предприятия – все это залог успеха верфи. Прошедший год еще раз показал, что «Судостроительная фирма «Алмаз» – стабильное и надежное предприятие, которое



Патрульное судно ледового класса пр. 22120

На верфи успешно ведется строительство первого серийного патруль-

всегда выполняет взятые на себя обязательства. ■

В судовых трубопроводах, изготовленных из углеродистых сталей 10 или 20, зачастую необходимо в соответствии с конструктивными расчетами изменить размер проходного сечения труб. Для этого конец трубы либо подвергают раздаче, либо обжатую. Наибольшие проблемы возникают с раздачей конца трубы на больший диаметр (рис. 1). Качественная раздача возможна не только при сохранении сплошности материала концевой части трубы, но и достижении ее расчетных фактических размеров, прежде всего наружного и внутреннего диаметров розданного конца трубы. При этом необходимо обеспечить минимальное утонение стенки в зоне раздачи.

Известно, что раздачу концов труб выполняют только на величину не более 20% от их номинальных диаметров, пос-

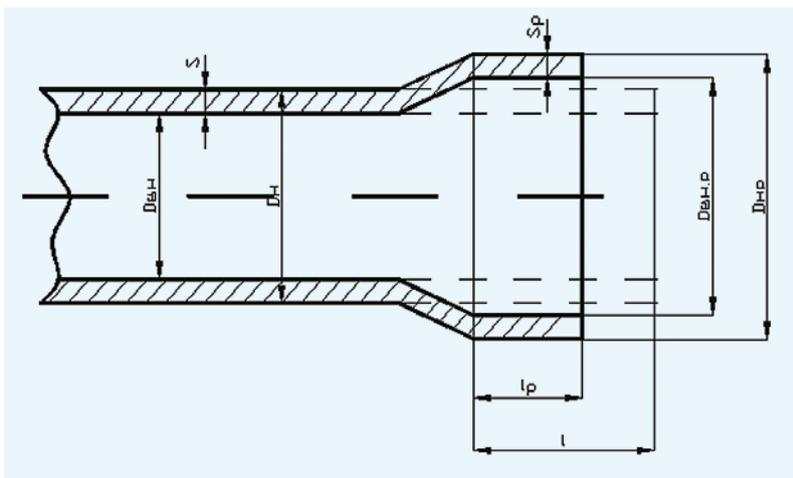


Рис. 1. Параметры раздачи конца трубы на цилиндр
 $D_{вн}$ – внутренний диаметр; D_n – наружный диаметр; $D_{вн.р}$ – заданный внутренний диаметр после раздачи конца трубы; l – длина конца трубы до раздачи; l_p – длина розданного конца трубы; S – номинальная толщина трубы до раздачи; S_p – толщина стенки конца трубы после раздачи.

скольку дальнейшее увеличение диаметра приводит к разрыву или растрескиванию труб [1]. Этот 20%-ный предел по раздаче является граничным условием данной операции. Следует также учитывать, что в процессе раздачи происходит незначительное уменьшение длины исходной заготовки трубы. Возникающее утонение стенки трубы также не должно выходить за допустимые пределы ее толщины, установленные стандартом.

Раздачу конца трубы производят на горизонтальных гидравлических прессах ПГ-50 и ПГ-100, а также станках «Старт 450Ф» и «Восток Д». В качестве рабочего инструмента применяют пуансоны или цанговые оправки, устанавливаемые в зажимные устройства вышеуказанного оборудования.

Пластическая деформация конца трубы в процессе раздачи происходит под воздействием на него осевого усилия пуансона. Поэтому при проектировании пуансонов, являющихся техно-

логической оснасткой прессы, необходимо учитывать упругую деформацию конца трубы [2]. Кроме того, следует учитывать и тот факт, что на конеч-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КОНЦОВ ТРУБ ПОСЛЕ РАЗДАЧИ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

А.А. Веселов, зам. главного инженера – начальник инновационного отдела
 ОАО «Адмиралтейские верфи»,
 контакт. тел. (812) 714 8848

Важно также, чтобы конструкции пуансонов предусматривали возможность предварительного калибрования конца трубы для более качественного образования цилиндричности (округлости) ее розданной части. Для этого заходную часть пуансонов делают равной внутреннему номинальному диаметру исходной трубы-заготовки.

Сопутствующей мерой получения качественной раздачи конца трубы является выполнение фасок на концах труб для исключения в этих зонах концентрации напряжений и последующего растрескивания материала. Возможно также небольшое притупление кромок концов труб.

Однако, подвергая раздаче концы труб различного диаметров и толщин стенок, крайне сложно определить фактические конечные размеры наружных диаметров, утонения стенок и длин розданных концов труб. Еще сложнее определить фактические размеры пуансонов, обеспечивающих получение расчетных размеров розданных концов труб.

Для выполнения раздачи концов труб под коническо-цилиндрический раструб задача получения расчетного размера конца трубы усложняется, поскольку вслед за раздачей на цилиндр выполняется раздача этих же концов труб на конус (рис. 2), следует дополнительно учитывать уменьшение длины исходной заготовки и состояние сверхпластичности предварительно розданных на цилиндр концов труб, которые затем подвергают раздаче на конус.

Особое значение точность получения всех этих размеров розданных концов приобретает при изготовлении забойных труб. В этом случае большое значение имеет получение расчетного наружного диаметра, утонение розданной цилиндрической части и конечная длина трубы.

Утонения стенок концов труб после раздачи, а также длины цилиндрических участков, подвергнутых деформированию, рассчитывают по ниже приведенным математическим зависимостям.

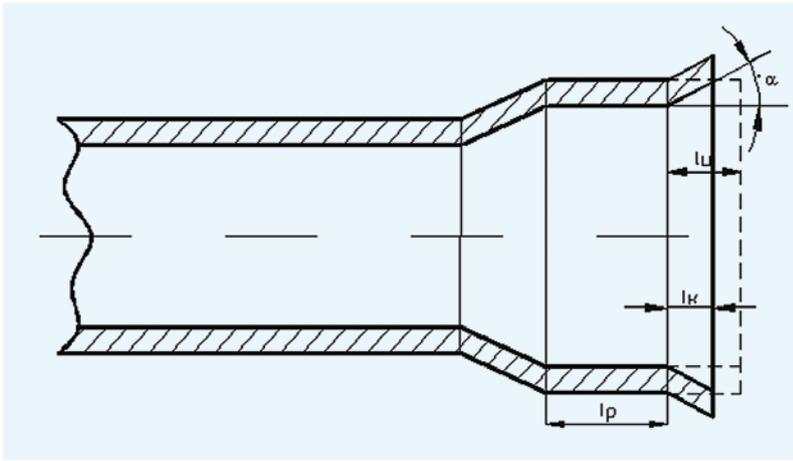


Рис. 2. Параметры раздачи конца трубы на конус

Так, толщина стенки розданного конца трубы, мм,

$$S_p = S \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{вн.р}} - S}{D_{\text{н}}^T + S}}, \quad (1)$$

где S – номинальная толщина трубы до раздачи, мм; $D_{\text{вн.р}}$ – заданный внутренний диаметр после раздачи конца трубы, мм; $D_{\text{н}}^T$ – наружный диаметр после раздачи конца трубы до раздачи, мм.

Утонение стенки конца трубы после раздачи ΔS_p можно определить по формуле

$$\Delta S_p = S \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{D_{\text{вн.р}} - S}{D_{\text{н}}^T + S}} \right). \quad (2)$$

Длина трубы после раздачи, мм,

$$l_p = \frac{l \cdot S_p}{S}, \quad (3)$$

где l – длина конца трубы до раздачи, мм.

Учет воздействия пластической деформации при радиально-осевом воздействии пуансона на конец трубы с использованием вышеуказанных математических зависимостей и физико-механических характеристик материалов труб возможен с применением метода

конечных элементов при условии, что эти процессы носят осесимметричный характер. Деформируемый материал следует считать изотропным и несжимаемым, а «перетекание» материала – медленным. Массовыми и инерционными силами следует пренебречь.

Профессор И.Л. Перлин предложил [4] утонение стенки трубы при цилиндрической раздаче рассчитывать по формуле

$$\Delta S_p = \frac{\pi}{4} (D_{\text{нр}}^2 + D_{\text{вн.р}}^2). \quad (4)$$

Проведя сравнительные расчеты по формулам (2) и (4), получаем близкие по значениям результаты, при этом утонение стенки, рассчитанное по формуле (2), ближе к практическим величинам. Эти отличия обусловлены тем, что при расчете по формуле (4) предусматривается неизменной длина конца трубы до раздачи и после нее.

Приведенные формулы применимы как при расчете конечных размеров труб после раздачи, так и при определении местных сопротивлений в зоне перехода диаметров с меньшего на больший. Их

размеры влияют на гидродинамику потока рабочей среды, транспортируемой по трубопроводу.

При раздаче на конус конструкции коническо-цилиндрического раструба уменьшение общей длины трубы-заготовки незначительно и составляет около 1 мм. Кроме того, получение точных размеров длины розданной цилиндрической части конца трубы позволяет обеспечить нормальное осевое перемещение трубы, входящей в раструб, и исключить возможность ее упора в торец раструба. Это гарантирует нормальную работу трубопровода при осевых перемещениях труб. Одновременно это разгружает переборочное уплотнение и саму переборку от воздействия осевых нагрузок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

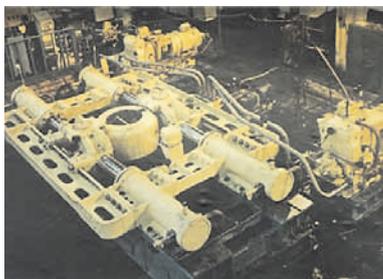
Результаты определения основных размеров концов стальных труб после раздачи по математическим зависимостям, приведенным в статье, близки к фактическим. Это позволяет при проектировании трубопроводов и технологической подготовке производства с большой степенью точности определять длину исходной трубы-заготовки, что гарантирует получение точных конечных размеров трубы после раздачи ее концевой части в соответствии с указанными в чертеже или в эскизе карты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик Б.А. Судовые трубопроводные работы: Справочник. – Л.: Судостроение, 1990.
2. Горелик Б.А., Фирсов Ю.М. Обработка концов труб путем использования методов холодного деформирования // Технология судоремонта. – 1993. – №2.
3. РД5.95057–90 Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов.
4. Перлин И.Л. Метод приближенного расчета усилий, возникающих при раздаче труб // Металлы. – 1967. – №4. ■

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул.Дудко, д.3
Телетайп: 122214 NASOS RU
Тел. (812) 640-11-69
Факс (812) 640-11-72
info@proletarsky.ru
www.proletarsky.ru

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул. Дудко, 3
Тел. (812) 640-1051
Факс (812) 640-1052
sudmash@sudmash.ru
www.sudmash.ru



ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» в настоящее время представляют собой современный научно-производственный комплекс судового машиностроения, ведущий разработку и поставку широкой номенклатуры конкурентоспособного судового оборудования для строительства отечественного флота.

ЦНИИ судового машиностроения было образовано в 1970 г. для обеспечения научно-обоснованных разработок эффективного оборудования судового машиностроения. В этом же году было создано Научно-производственное объединение в составе ЦНИИ СМ как головного предприятия и «Пролетарского завода».

Сегодня ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» - многопрофильное научно-исследовательское предприятие, обладающее высоким научно-техническим потенциалом, применяющее современные CALS-технологии.

ОАО «Пролетарский завод» совместно с ЗАО «ЦНИИ СМ» создают уникальную продукцию судового машиностроения, успешно используя мировой опыт ведущих зарубежных фирм. Создаваемые изделия обладают высокой конкурентоспособностью в России и за рубежом и в ряде случаев не имеют аналогов в отечественном судостроении.

Продукция судового машиностроения одобрена Морским Регистром РФ, а также может поставляться с сертификатами иностранных классификационных обществ. В 2008 г. получены сертификаты соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 9001, а также имеются необходимые лицензии на разработку различных видов техники.

Ряд работ по созданию судового оборудования и устройств, например: устройства передачи грузов в море на ходу и манипуляторные устройства., удостоены Государственной премии СССР и РФ.

ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» всегда готовы к взаимовыгодному сотрудничеству с отечественными и зарубежными партнерами.

На судах часто энергия колебаний от какого-либо виброактивного источника распространяется по каналам или трубам и создает нежелательные уровни вибрации и шума в местах, удаленных от их источника. Каналы и трубы, по рабочим средам которых и распространяются колебания, являются акустическими волноводами. Поскольку не всегда удается снизить до желаемых величин интенсивность излучения колебательной энергии в самом источнике, возникает проблема борьбы с распространением энергии колебаний по трубопроводам.

При этом особую актуальность представляет борьба с колебаниями низкой частоты. Применение звукопоглощающих материалов не позволяет существенно уменьшить передачу звука по трубопроводам в области низких частот. Поэтому важнейшим способом борьбы с распространением колебаний низкой частоты по трубопроводам является использование импедансных включений, в том числе резонансных гасителей пульсаций, типичным представителем которых является резонатор Гельмгольца [1].

Частота собственных колебаний резонатора Гельмгольца

$$f_{0p} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V l_3}},$$

где S – площадь поперечного сечения горла резонатора; V – объем полости резонатора; l_3 – эффективная длина горла резонатора; c – скорость распространения звука в рабочей среде.

При колебаниях среды в горле резонатора за счет присоединенной массы его эффективная длина будет несколько больше геометрической длины: $l_3 = l + 1,57r$, где r – радиус горла резонатора.

При установке резонатора в трубопроводную систему (рис. 1) судна необходимо учитывать, что частота собственных колебаний импедансного включения зависит от скорости звука в среде.



Рис. 1. Резонатор Гельмгольца, установленный в трубопроводной системе

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗОНАТОРОВ ГЕЛЬМГОЛЬЦА В ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ МОРСКИХ СУДОВ

С.В. Горин, д-р техн. наук, директор Севмашвтуз – филиал СПбГМТУ,
М.В. Куклин, инженер ОАО «ПО «Севмаш», г. Северодвинск,
kuklinmikhail@rambler.ru

Для трубопроводных систем с морской водой скорость звука определяется по формуле Вуда [2]:

$$c = 1450 + 4,206t - 0,0366t^2 + 0,0175P + 1,137(s - 35),$$

где c – скорость звука, м/с; t – температура, °С; P – статическое давление в метрах водяного столба; s – соленость, ‰.

Согласно номограмме (рис. 2) скорость звука может принимать значения от 1400 до 1560 м/с.

Изменение скорости звука приводит к изменению частоты собственных колебаний резонатора и несовпадению частоты собственных колебаний резонатора с частотой колебаний источника, что может привести к снижению эффективности резонатора или повышению уровней гидродинамического шума судовых трубопроводных системах. Для того чтобы предотвратить ухудшение виброакустических характеристик, необходимо учитывать изменения скорости звука в морской среде в зависимости от солености, температуры и статического давления, используя номограмму (см. рис. 2).

Для обеспечения эффективной работы резонатора Гельмгольца в трубопроводной системе при изменяющейся скорости звука в среде нужно учитывать изменение собственной частоты резонатора.

Исследуемый резонатор Гельмгольца (см. рис. 1) имел объем полости $V = 0,11 \text{ м}^3$, длину горла $l_r = 0,202 \text{ м}$, радиус горла $r = 0,025 \text{ м}$, эффективную длину горла резонатора $l_3 = 0,241 \text{ м}$, площадь поперечного сечения горла $S = \pi \cdot r^2 = 1,963 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Частоты собственных колебаний резонатора Гельмгольца при минимальном и максимальном значении скорости звука в морской среде $c_{\min} = 1400 \text{ м/с}$, $c_{\max} = 1560 \text{ м/с}$ имеют значения

$$f_{0\min} = \frac{c_{\min}}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V l_3}} = 191,8 \text{ Гц};$$

$$f_{0\max} = \frac{c_{\max}}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V l_3}} = 213,8 \text{ Гц}.$$

Диапазон изменения частоты собственных колебаний $\Delta f_0 = f_{0\max} - f_{0\min} = 22 \text{ Гц}$, что не позволяет достигать стабильного снижения уровней колебаний рабочей среды. Покажем это на примере исследований уровней гидродинамического шума на лопастной частоте судового циркуляционного насоса ЦН-104. Так, при совпадении лопастной частоты насоса с частотой собственных колебаний резонатора $f_0 = 197 \text{ Гц}$, установленного в трубопроводной системе, уровень гидродинамического шума на этой частоте составлял 108 дБ (рис. 3, б). При уменьшении лопастной частоты насоса до 188 Гц, на ко-

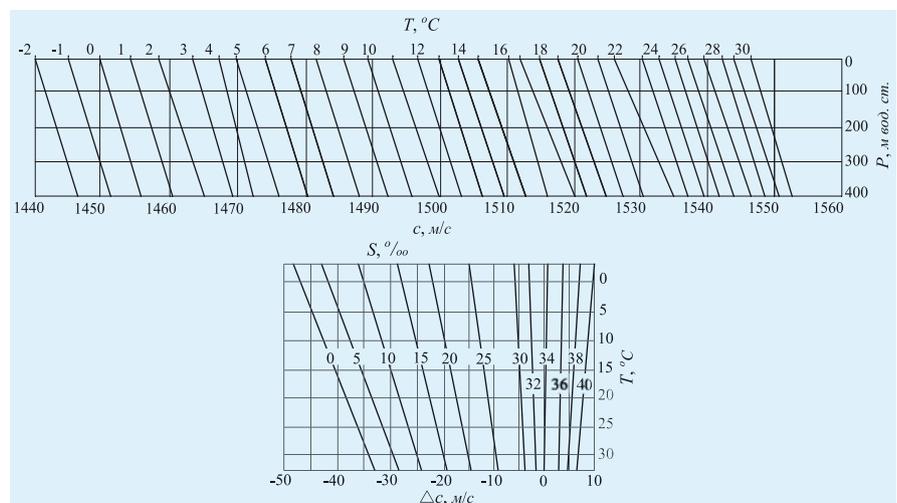


Рис. 2. Номограмма для определения скорости звука в морской воде

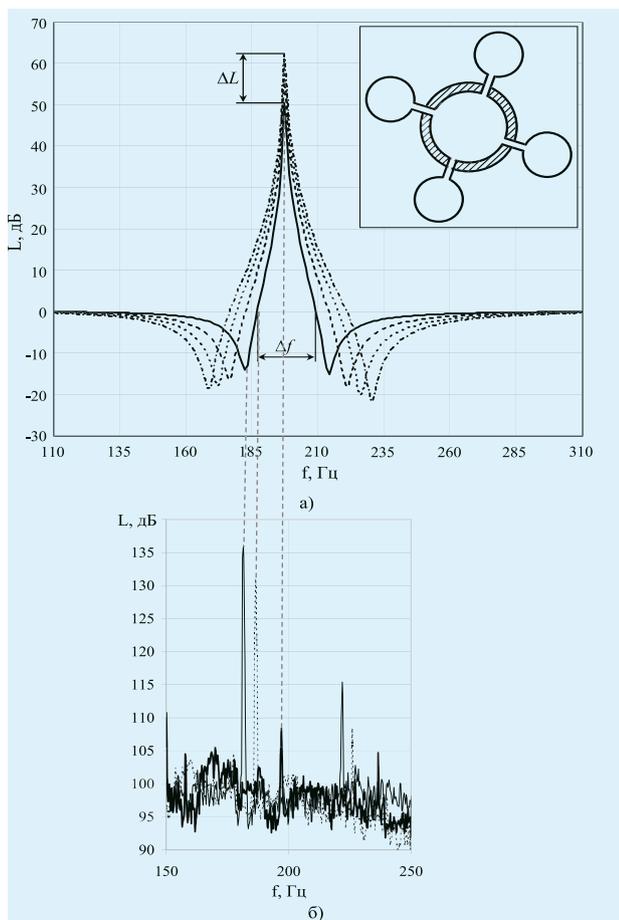


Рис. 3. Эффективность резонаторов (а) и спектрограммы гидродинамического шума (б)
 — резонатор 1; --- резонатор 2; — резонатор 3,
 - - - - - резонатор 4

торой эффективность резонатора нулевая (рис. 3, а), уровень гидродинамического шума на этой частоте равнялся 130 дБ и соответствовал уровню, когда в трубопроводной системе резонатора не было. При дальнейшем уменьшении лопастной частоты она попадает в область частот с отрицательной эффективностью. На частоте 182 Гц уровень гидродинамического шума достигает максимального значения и составляет 136 дБ. Это на 6 дБ выше уровня, когда в трубопроводной системе не был установлен резонатор Гельмгольца.

Аналогичные результаты были бы получены при постоянной частоте вращения насоса, а значит, и при постоянной его лопастной частоте, но при изменении частоты собственных колебаний резонатора Гельмгольца, например, из-за изменения скорости звука в рабочей среде.

С практической точки зрения важно, чтобы при любых эксплуатационных значениях температуры, давления, солености воды, частоты, на которых требуется снижение гидродинамического шума, не выходили за область частот положительной эффективности резонатора. Желательно, чтобы эта область частот была как можно шире.

Для расширения области частот с положительной эффективностью можно устанавливать в сечение трубопровода группу резонаторов с разными объемными полостями [3] и, соответственно, различными частотами собственных колебаний, резонансные области которых перекрывают друг друга. Процесс изготовления объемных полостей сферической формы трудоемкий. Установка резонаторов с разными объемными полостями требует дополнительных затрат на их изготовление, поэтому целесообразно устанавливать резонаторы с одинаковыми объемными полостями в сечении трубопровода.

С целью определения влияния количества резонаторов на частотный диапазон положительной эффективности и на величину снижения уровней гидродинамического шума были проведены теоретические и экспериментальные исследования.

Эти исследования показали, что установка группы одинаковых резонаторов Гельмгольца в сечении волновода позволяет расширить частотный диапазон $\Delta f = f_{\max} - f_{\min}$ положительной эффективности снижения уровней звука в трубопроводе (см. рис. 3, а), а также увеличивать прибавку к эффективности ΔL снижения уровней колебаний в рабочей среде.

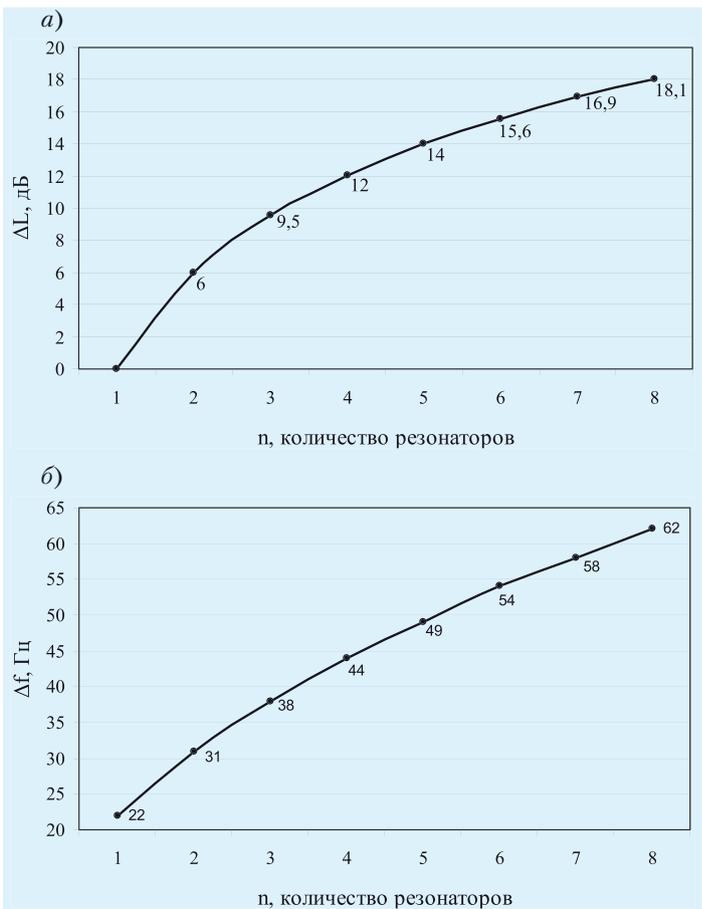


Рис. 4. Зависимость прибавки к эффективности ΔL (а), частотного диапазона положительной эффективности Δf (б) от количества установленных в сечении трубопровода резонаторов

Зависимость прибавки к эффективности снижения гидродинамического шума ΔL , и области частот положительной эффективности ΔL от количества установленных в сечении трубопровода резонаторов показаны на рис. 4.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали возможность применения резонаторов Гельмгольца для снижения гидродинамического шума в судовых системах, в том числе и с морской водой. Для увеличения эффекта снижения уровней пульсаций давления и расширения частотного диапазона положительной эффективности возможно применение группы резонаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горин С.В., Кузлин М.В. Эффективность снижения низкочастотных колебаний в гидравлических системах резонаторами Гельмгольца // Вестник машиностроения. – 2010. – №5. – С.70–72.
2. Колесникова И.К., Румынская И.А. Основы гидроакустики и гидроакустические станции. – Л.: Судостроение, 1970. – 328 с.
3. Горин С.В., Лесняк А.Н. Распространение звука в волноводе, содержащем импедансные включения // Акустический журнал. – 1987. – Т. 33. – Вып. 5. – С.856–862. ■

В настоящей статье рассмотрим конструкцию и снятые переходные процессы разработанного образца электропривода (ЭМП) ДБМ120-КВ, предназначенного для использования в составе исполнительных механизмов: питающих клапанов, регулирующих или отсекающих золотников, дозаторов топлива, задатчиков режимов и т.д. в корабельных системах управления главных энергетических установок.

В состав электропривода ЭДБМ 120-КВ (рис. 1) входят:

- бесконтактный моментный электродвигатель ДБМ120-1,6-0,5-3;
- блок управления с использованием микроконтроллера;
- датчики положения ротора двигателя.

На рис. 1 представлена конструкция электропривода ЭДБМ120-КВ.

Электропривод ЭДБМ120-КВ (рис. 2) включает три основных узла:

- щит подшипниковый с присоединительным фланцем, в который монтируются статор и ротор двигателя ДБМ120, а также присоединяется привод к механическому редуктору;
- корпус, в котором установлены датчик положения ротора и печатные платы электронного блока управления ЭДБМ120-КВ, разъемы для подключения питания и управляющих цепей;
- крышка, на которой установлены приборы индикации и таблички с информацией об изготовителе, заводском номере и шифре изделия.

Блок управления электроприводом обеспечивает прием и обработку следующих управляющих сигналов:

- задание положения исполнительного органа в цифровом виде по CAN-интерфейсу;

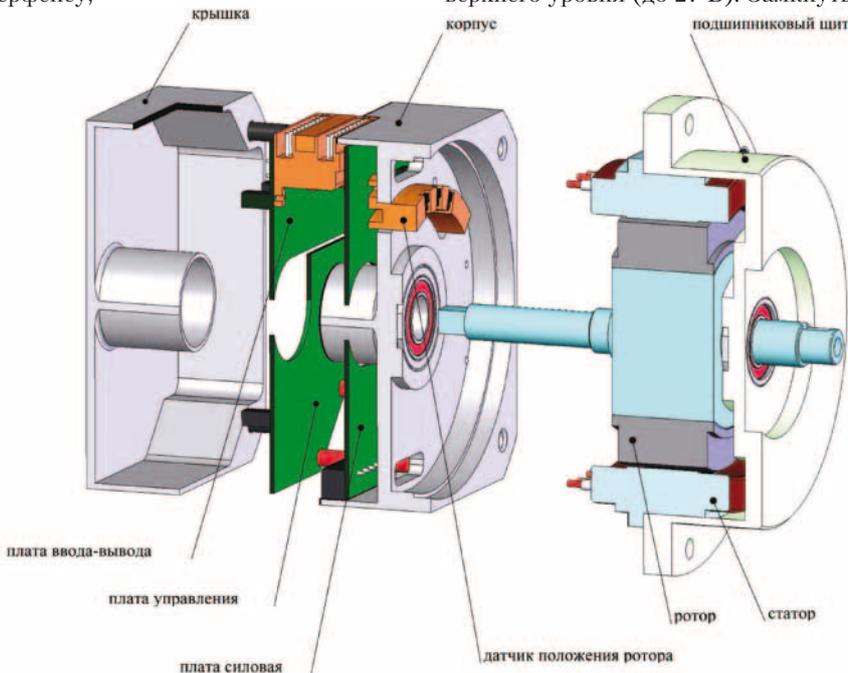


Рис. 1. Конструкция электропривода ЭДБМ120-КВ

МЕХАТРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЛАВНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*С.П. Андрущук, генеральный директор,
О.Е. Лозицкий, канд. техн. наук, зам. нач. направления,
А.В. Моря, канд. техн. наук, нач. сектора,
В.А. Гудев, инженер-программист, ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320 2393*



Рис. 2. Электропривод ЭДБМ120-КВ

– двух управляющих сигналов (от первого или второго каналов управления верхнего уровня) постоянного тока 4–20 мА (активного или пассивного, уточняется в процессе разработки) или 2–0 В, преобразование его в код, сравнение с датчиком положения выходного органа (вращающегося трансформатора) и обработку ошибки сравнения заданного и фактического положения;

– дискретного сигнала (сухой контакт или открытый коллектор) из системы верхнего уровня (до 27 В). Замкнутый

контакт разрешает работу, при разомкнутом контакте привод блокируется по силовым ключам;

- сигнала о фактическом положении штока исполнительного органа от датчика положения типа 2,5 ВТ или 2,5 БВТ (угол поворота – до 175 угл. град., коэффициент трансформации 2,5 ВТ = 1). При этом обеспечена возможность калибровки его характеристики для разных видов приводов при различных установках собственно датчика.

После обработки управляющих сигналов блок управления (рис. 3) формирует следующие управляющие воздействия:

- выдает команду на включение двигателя по управляющему сигналу;
- выдает команду на остановку двигателя при достижении исполнительным органом заданного положения;
- выдает сигнал постоянного тока 4–20 мА (или 2–10 В) в систему верхнего уровня о фактическом положении штока привода на нагрузку не более 500 Ом по линейной зависимости от перемещения штока привода;
- выдает дискретный сигнала (открытый коллектор) о неисправности привода;
- обеспечивает калибровку датчика положения ротора (ДПР);
- формирует скоростную обратную связь для обеспечения устойчивости и контроля правильности обработки привода.

При управлении по CAN-интерфейсу БУ ЭДБМ120-КВ выполняет команды от СУ ГЭУ, перечисленные в табл. 1.

Команда «Штатный режим – Пуск» обеспечивает вращение ротора изделия ЭДБМ120-КВ и перемещение штока в соответствии с заданием и показаниями датчика положения ИМ, при этом шток ИМ принимает заданное положение и удерживается на нем за счет электромагнитного момента в обмотках двигателя. Такое состояние позволяет контролировать положение штока и компенсировать воздействие на него внешних сдвигающих усилий.

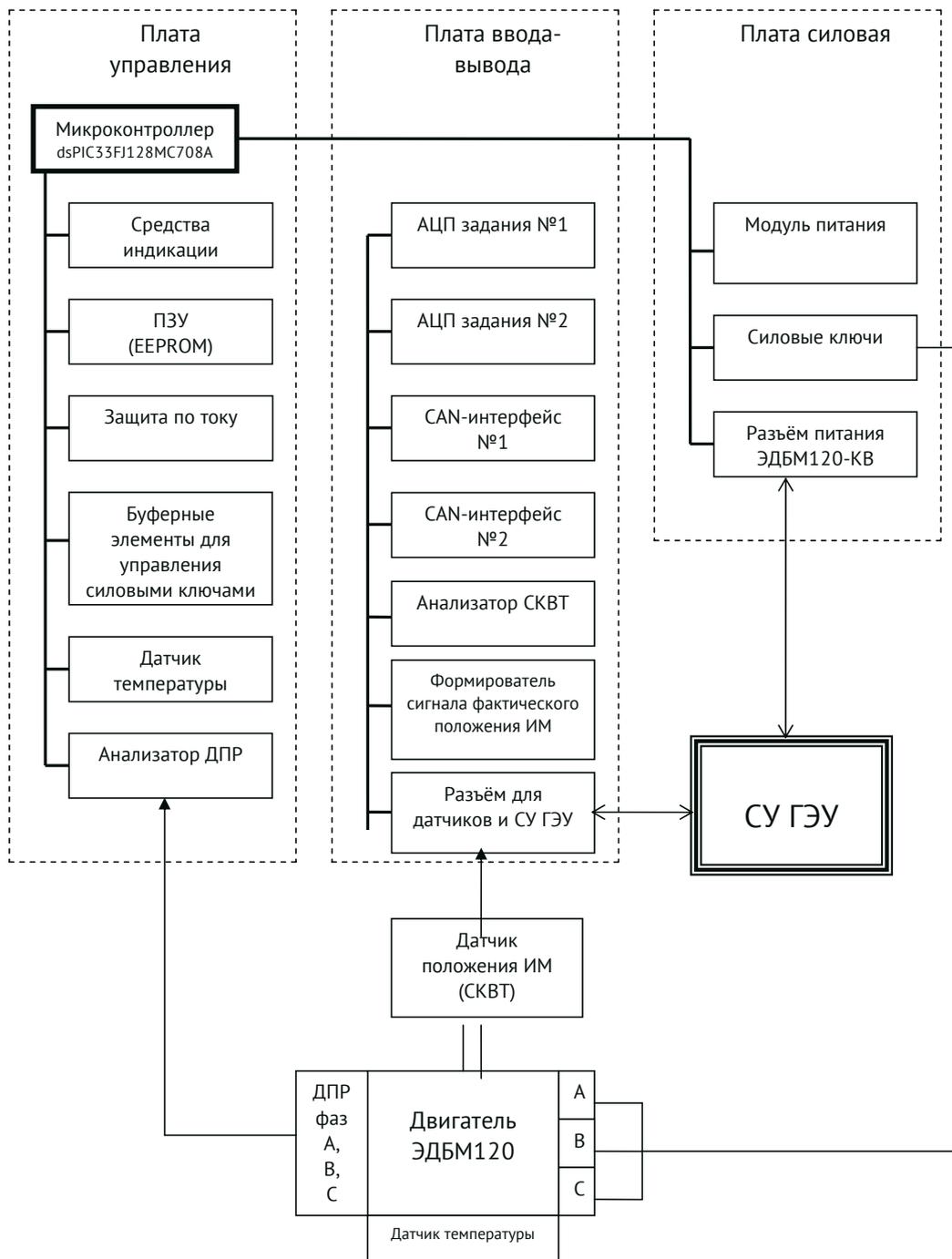


Рис. 3. Структурная схема блока управления

Перечень команд от СУ ГЭУ к изделию ЭДБМ120-КВ

Таблица 1

№ команды	Команда	Назначение команды	Статус
1	«Штатный режим – Пуск» «Штатный режим – Стоп» «Штатный режим – Пауза» «Штатный режим – Сброс»	Управление в штатном режиме работы	Основной
2	«Простое вращение»	Управление в режиме простого вращения ротора	»
3	«Калибровка-F»	Калибровка параметров фактического положения ИМ	»
4	«Калибровка-Z»	Калибровка сигнала заданного положения ИМ	»
5	«Чтение параметров»	Чтение параметров работы привода	Дополнительный
6	«Чтение EEPROM»	Чтение слова из ПЗУ.	»
7	«Запись EEPROM»	Запись слова в ПЗУ	»
8	«Тест»	Обмен данными между абонентами	»

Команда «Штатный режим – Стоп» обеспечивает безусловную остановку двигателя изделия ЭДБМ120-КВ и, соответственно, остановку штока в текущем положении, при этом шток не удерживается в заданном положении и может его изменить при воздействии на него внешних сдвигающих усилий.

Команда «Штатный режим – Пауза» обеспечивает безусловную остановку двигателя изделия ЭДБМ120-КВ и остановку штока в текущем положении, при этом шток ИМ занимает текущее положение и удерживается в нем за счет электромагнитного момента в обмотках двигателя. Такое состояние позволяет контролировать положение штока и компенсировать воздействию на него

внешних сдвигающих усилий, для исключения колебательного движения ИМ под действием внешней нагрузки.

Команда «Штатный режим – Сброс» обеспечивает сброс имеющегося аварийного сигнала, при этом шток удерживается в точке его нахождения.

Команда «Простое вращение» обеспечивает вращения ротора привода ЭДБМ120-КВ в прямом и обратном направлении при пуске-наладке для проверки работоспособности и отсутствия заклинивания привода. Перемещение штока осуществляется в пределах границ и без учета задания и показания датчика ИМ.

Команда «Калибровка – F» обеспечивает запоминание граничных показаний датчика фактического положения ИМ. При выполнении этой команды шток ИМ перемещается из текущего положения сначала в крайнее нижнее (минимальное) положение, а затем в крайнее верхнее (максимальное), где и останавливается. При выполнении этой команды данные о граничных показаниях датчика фактического положения ИМ запоминаются в ПЗУ (EEPROM) и используются в дальнейшем при штатных режимах работы привода.

Команда «Калибровка – Z» обеспечивает запоминание граничных значений аналоговых сигналов задания положения ИМ. При выполнении этой команды из СУ ГЭУ поочередно по двум имеющимся аналоговым каналам передается в течение 30 с минимальное и затем максимальное значение сигнала задания положения ИМ. При выполнении этой команды вращение ротора двигателя отсутствует, а данные о граничных значениях сигналов задания запоминаются в ПЗУ (EEPROM) и используются в дальнейшем при штатных режимах работы привода. Переключение типа сигнала задания положения ИМ «напряжение» (2–10 В) или «токовый» (4–20 мА) осуществляется с помощью соответствующих джамперов (S1, S2) на плате ввода-вывода (рис. 4).



Рис. 4. Отработка положения исполнительного органа при задании положения от 0 до 100%

Команда «Чтение параметров» предназначена для периодического чтения текущих параметров работы привода, например, таких, как ток, напряжение, температура, скорость, состояние и т.д., для анализа в СУ ГЭУ. Эта команда выполняется в фоновом режиме параллельно с другими командами и не мешает штатной работе привода.

Команды «Чтение EEPROM» и «Запись EEPROM» предназначены для корректировки параметров привода непосредственно в ПЗУ микроконтроллера. Эти команды необходимы для контроля версии программы, времени наработки, параметров работы, архива аварий и т.п. Выполняется она, если привод находится в состоянии «Стоп».

Команда «Тест» предназначена для обмена служебными данными между приводом и СУ ГЭУ, а также для тестирования CAN-сети. Выполняется в фоновом режиме параллельно с другими командами и не мешает штатной работе привода.

Электропривод в сборе с двухступенчатым редуктором представлен на рис. 5.



Рис. 5. Электропривод в сборе с двухступенчатым редуктором

На рис. 6–9 приведены осциллограммы работы привода в сборе с механическим редуктором.

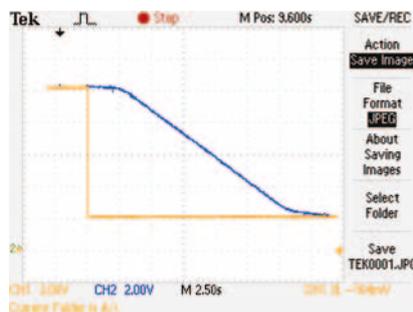


Рис. 6. Отработка положения исполнительного органа при задании положения от 100% до 0

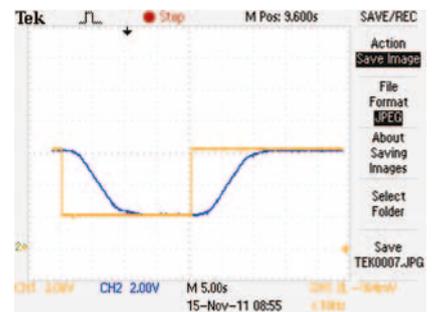


Рис. 7. Отработка положения исполнительного органа при задании положения от 50% до 0 и обратно

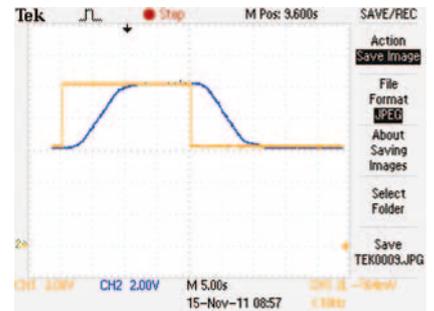


Рис. 8. Отработка положения исполнительного органа при задании положения от 50% до 100% и обратно

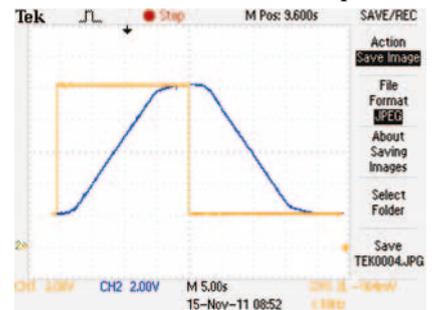


Рис. 9. Отработка положения исполнительного органа при задании положения от 0 до 100% и обратно

Закключение. Разработанный электропривод ЭДБМ 120-КВ имеет следующие преимущества:

- алгоритм микропроцессорной программы управления приводом обеспечивает работу привода во всех возможных режимах: двигательном, генераторном и противовключения;
- привод выполняет позиционирование исполнительного механизма с заданной точностью (0,5%) и с заданным усилием удержания (700 кгс);
- процесс позиционирования исполнительного механизма происходит асимптотически (без колебательной составляющей);
- имеет возможность регулирования скорости перемещения исполнительного механизма
- в процессе работы привода отсутствуют шумы и вибрации электромагнитного происхождения. ■

В природе и технике наиболее распространенным способом бесконтактной оценки свойств удаленных предметов является анализ электромагнитных излучений, испускаемых или отражаемых этими предметами.

В живой природе большинство организмов (в том числе и человек) обладают органами зрения, воспринимающими оптическую область излучений. Некоторые насекомые, например пчелы, видят ультрафиолетовую область спектра, а змеи обладают дополнительным органом, позволяющим им видеть инфракрасные изображения теплокровных животных, различая при этом участки поверхности, имеющие градиент температуры всего 0,001 °С.

Кожа человека тоже имеет рецепторы, позволяющие ощущать тепловое излучение, испускаемое, например, Солнцем или пламенем, однако ни указанной выше чувствительностью, ни способностью формировать в мозгу инфракрасное изображение наблюдаемого предмета природа человека не наделила. Исправить эту ситуацию люди смогли только с помощью специальных инфракрасных приборов, благодаря которым они получили возможность ночного видения, бесконтактной оценки температуры поверхности удаленных предметов и анализа распределения температур по поверхности наблюдаемых объектов.

Реализация последней из указанных функций называется *тепловидением*, а соответствующие приборы – *тепловизорами*.

В технике тепловизоры применяются в основном для диагностики различных систем и оборудования.

Значительный интерес представляет инфракрасная диагностика электрических систем. Во-первых, потому, что протекание электрического тока сопровождается выделением тепла и нагревом токоведущих элементов, и, во-вторых, бесконтактный способ позволяет безопасно диагностировать оборудование, находящееся в рабочем состоянии без отключения напряжения (рис. 1).



Рис. 1. Тепловизионная диагностика оборудования внутри электрического щита

К настоящему времени накоплен положительный опыт применения теп-

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ТЕПЛОВИЗОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

А.А.Равин, канд. техн. наук, проф. СПбГМТУ,
контакт. тел. +7 921 975 7171

ловидения на предприятиях электроэнергетики, показавший его значительную эффективность. Объем, решаемые задачи и порядок тепловизионного обследования основных видов электрооборудования регламентирован рядом нормативных документов:

- Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования, РД 153-34.0-20.363–99.
- Объем и нормы испытаний электрооборудования, РД 34.45-51.300–97.
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.

Например, в соответствии с РД 153-34.0-20.363–99 при тепловизионном обследовании генераторов предписано выполнение диагностических процедур, указанных в приведенной ниже табл. 1 [6].

Вместе с тем при решении той или иной конкретной диагностической задачи по-прежнему остается открытым вопрос рационального выбора наиболее подходящего типа прибора из множества предлагаемых на рынке, существенно отличающихся и техническими характеристиками, и ценами.

Представляется, что при выборе прибора полезно учитывать прежде всего следующие показатели:

- способ формирования тепловизионного кадра;
- способ подавления влияния температуры окружающей среды;
- размер матрицы и связанные с ним оптические характеристики прибора;
- объем карты памяти (количество сохраняемых кадров);
- массогабаритные характеристики и цена;

– алгоритм обработки термограммы и объем информации, выводимой на дисплей.

ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИНФРАКРАСНЫХ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПО СПОСОБУ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРА

Предшественниками тепловизоров являются более простые инфракрасные термометрические приборы – *термопильоты*, предназначенные для дистанционного измерения средней температуры локального пятна на поверхности наблюдаемого объекта (табл. 2). Они имеют один термочувствительный элемент, оптическую систему, фокусирующую на нем инфракрасное излучение этого пятна, микропроцессор для обработки и хранения информации и ЖК-дисплей для цифровой индикации результатов измерения. Эти приборы тоже нашли свою область применения в инфракрасной диагностике для термомониторинга локальных точек элементов электрооборудования. Например, в [3] приведена номограмма для оценки степени повреждения сварных соединений многожильного кабеля по результатам контроля его температуры (рис. 2).

По оси абсцисс отложен протекающий по кабелю ток (в амперах). По оси ординат – температура нагрева реперной точки (°С), отстоящей от дефектного сварного соединения на расстоянии 1 м. Цифры на графиках соответствуют количеству поврежденных жил.

Однако в данной статье речь идет о более сложных инфракрасных приборах – тепловизорах, особенностью ко-

Таблица 1

Объем тепловизионного обследования генераторов

Процедура	Объем получаемой информации
Испытание стали статора	Определение зоны повреждения в стали статора, оценка распределения температур и глубины залегания дефекта
Испытание на нагрев	Определение теплового поля генератора, оценка эффективности систем охлаждения и распределения температур, выявление аномальных зон нагрева
Проверка паек лобовых частей обмотки	Определение степени нагрева поверхности изоляции паек лобовых частей
Проверка щеточного аппарата	Определение температур нагрева щеток, поводков и других элементов щеточного аппарата
Проверка системы тиристорного возбуждения	Обследование теплового состояния устройств системы возбуждения

Таблица 2

Принципы действия инфракрасных термометрических приборов

Прибор	Способ формирования кадра	Вид термограммы и быстродействие прибора
Термопойнт	Фокусировка ИК-излучения визируемого пятна на одном чувствительном элементе	Цифровая индикация средней температуры пятна, 1 с/точку
Сканирующий тепловизор	Оптико-механическое сканирование визируемой поверхности	Графическое представление температурного поля (термограмма), 30 с/кадр
Матричный тепловизор	Фокусировка ИК-излучения визируемой поверхности на многопиксельной матрице	Статическое или динамическое представление температурного поля, 0,1÷0,04 с/кадр
Двойной тепловизор	Параллельная съемка в видео- и ИК-диапазонах	Совмещение термограммы и фотографии, 0,1÷0,05 с/кадр

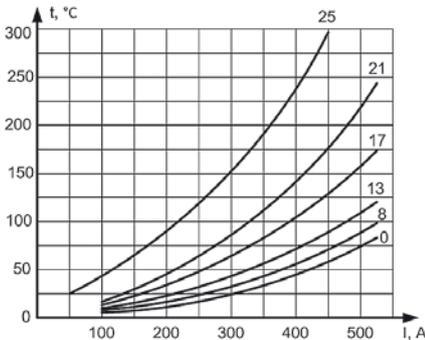


Рис. 2. Номограмма для обработки результатов бесконтактной термометрической диагностики многожильного силового кабеля

торых является способность получать в одном кадре (термограмме) изображения температурного поля на достаточно протяженном визируемом участке поверхности объекта.

Первые промышленные тепловизоры имели, как и термопойнты, один термочувствительный элемент, а полный кадр изображения получался с помощью оптико-механического сканирования наблюдаемой поверхности (табл. 2). Такая конструкция была сложна, громоздка и не очень надежна. Формирование одного кадра занимало примерно 30 секунд, что существенно снижало производительность труда при тепловизионном обследовании и совершенно исключало возможность съемки движущихся или быстроменяющихся объектов.

К настоящему времени развитие технологии производства позволило создавать матричные приемники большой размерности, что дало возможность полностью отказаться от использования оптико-механического сканирования, упростить конструкцию, повысить надежность и качество изображения, обеспечить одновременную фото- и инфракрасную съемку объекта.

Быстродействие таких приборов позволяет вести и видеосъемку в оптическом и инфракрасном диапазонах движущихся объектов или быстро меняющихся температурных полей. Для диагностики электрооборудования в настоящее время целесообразно применение тепловизоров матричных или двойных (см. табл. 2).

СПОСОБЫ ПОДАВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

На точность дистанционного измерения температуры объекта существенно влияет температура окружающей среды, корпуса тепловизора и самого чувствительного термоэлемента (матрицы). Способы подавления этого влияния представлены в табл. 3.

Таблица 3
Способы подавления влияния температуры окружающей среды

Способ	Средство подавления помехи, температура чувствительного элемента t	Чувствительность прибора, °С
Охлаждение чувствительного элемента	Жидкий азот, $t = -196^\circ\text{C}$	0,05
Охлаждение чувствительного элемента	Термоэлектрический модуль на основе эффекта Пельтье, $t = t_{\text{окр.среды}} - 100^\circ\text{C}$	0,1
Автоматическая температурная корректировка результатов	Датчик температуры чувствительного элемента, микропроцессор, $t = t_{\text{окр.среды}}$	0,5

Тепловизоры, охлаждаемые жидким азотом, обеспечивают высокую чувствительность и точность измерения, однако необходимость периодически доливать в них жидкий азот из сосуда Дьюара ограничивает сферу их применения исключительно специальными измерениями в лабораторных условиях. Тепловизоры с термоэлектрическим охлаждением и с неохлаждаемой матрицей малогабаритны, удобны в применении, в том числе и для обследования электрооборудования. Выбор типа прибора по этому признаку определяется требованиями к чувствительности (см. табл. 3) и финансовыми возможностями пользователя (неохлаждаемые приборы несколько дешевле, но менее чувствительны).

ВЫБОР ТЕПЛОВИЗОРА В СООТВЕТСТВИИ С НЕОБХОДИМЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

При выборе тепловизора необходимо оценить, подойдет ли конкретная модель прибора для тепловизионного обследования конкретного объекта. При этом важно учитывать предполагаемое расстояние от тепловизора до

объекта, размеры объекта, размер чувствительного детектора (матрицы), поле зрения тепловизора (рис. 3).

Для расчетов оптических параметров тепловизоров можно воспользоваться программной утилитой, выложенной на сайте компании «ООО ЭНЕРГОТЕСТ» [8]. В качестве исходных данных при расчете были заложены типовые размеры матриц, применяемых в составе современных тепловизоров. Расстояние до объекта с учетом условий обследования электрооборудования в судовых условиях было принято равным 1 м. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Диагностические возможности тепловизора во многом определяются набором встроенных автоматизированных процедур анализа и наглядного пред-

ставления результатов инфракрасного контроля распределения температур на визируемом участке поверхности диагностируемого объекта.

Самым простым и обязательным для всех тепловизоров приемом является формирование на дисплее цветного изображения сканируемой поверхности, на котором отдельные зоны объекта окрашены в зависимости от их температуры в условные цвета, определенные встроенной палитрой. Соотношение температур и цветов, вообще говоря, может быть любым, однако для наглядности принято наиболее нагретым участкам присваивать цвета, близкие к цветам свечения раскаленных предметов (красный, оранжевый и белый), а наименее нагретым – так называемые «холодные» цвета (голубой, синий, фиолетовый). Это позволяет при простом просмотре кадра выявлять перегретые участки объекта (рис. 4).

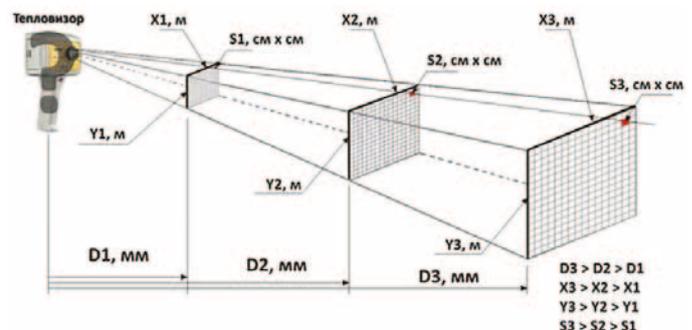


Рис. 3. Параметры поля зрения тепловизора

Таблица 4
Оптические параметры тепловизоров с различными размерами матрицы

Параметр	Размер матрицы, пиксели			
	60×60	160×120	320×240	640×480
Оптическое поле зрения по горизонтали и вертикали, град.	30×45			
Расстояние до объекта D, м	1			
Ширина обзора по горизонтали, м	0,536			
Ширина обзора по вертикали, м	0,828			
Минимальный размер объекта, приходящийся на один пиксель S, см	0,893	0,335	0,167	0,084
Пространственное разрешение iFov, мрад	8,726	3,372	1,636	0,818
Отношение D:S	112:1	299:1	597:1	1194:1

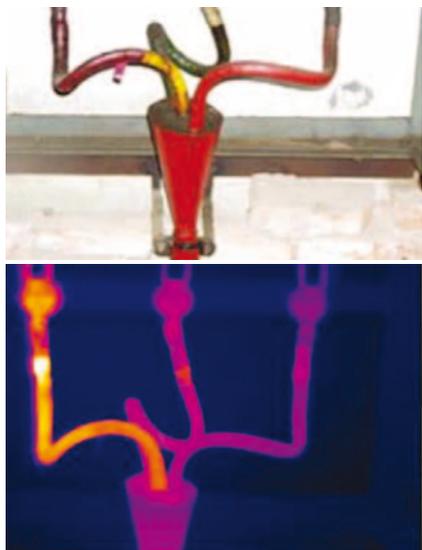


Рис. 4. Выявление перегретого фазного провода

Понятно, что реальный температурный диапазон контролируемого объекта ничего общего с диапазоном температур светящегося раскаленного тела не имеет. Поэтому для облегчения распознавания температурного поля в кадре размещают цветную температурную шкалу с цифровым указанием крайних значений (рис. 5).

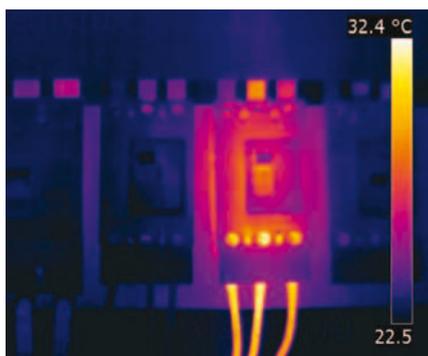


Рис. 5. Выявление перегретых проводов и неисправного трехфазного автомата в электричестве

Для количественного анализа температурного поля вся цветовая шкала может быть размечена и оцифрована (рис. 6).

Кроме того, можно получить автоматическую цифровую индикацию температур в нескольких заданных точках (A, B и C), а также получить индикацию

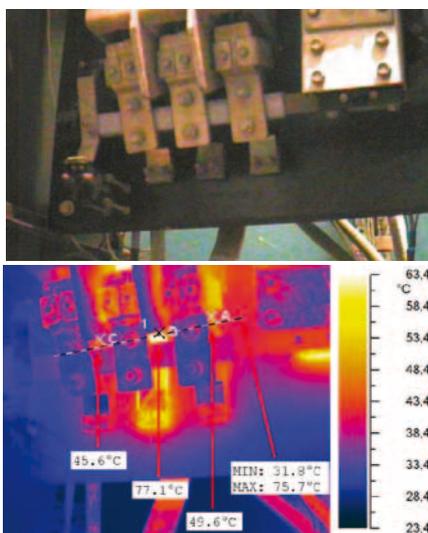


Рис. 6. Термодиагностика шинно-болтового соединения (вверху – фотография объекта, внизу – его термограмма)

максимальной и минимальной температур на заданном отрезке.

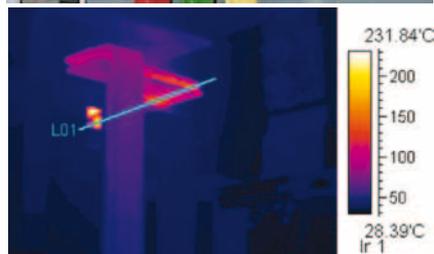
Перегретые зоны указывают на повышенное электрическое сопротивление вследствие коррозии шин или ослабления затяжки болтов.

Более детальный количественный анализ распределения температур на заданном прямолинейном отрезке обеспечивают тепловизоры, в которых результаты обследования выводятся на дисплей не только в виде обычной термограммы, но и в виде графика (рис. 7). Шкала ординат на графике размечена в градусах Цельсия. Кроме того, там же могут быть в цифровой форме указаны максимальные и минимальные температуры на заданном отрезке.

Существенно облегчает распознавание дефекта и документирование результатов диагностики возможность одновременной съемки объекта в оптическом и инфракрасном диапазонах с последующим совмещением кадров (рис. 8).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВИЗОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ РАЗМЕРАМИ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦ

Как было уже показано ранее, оптические характеристики тепловизоров зависят главным образом от размеров установленных в них термочувствительных



Max:198.17 Min:44.46 LA1

Рис. 7. Фотография и термограмма шинпроводов в распределительном устройстве и график распределения температур вдоль отрезка, указанного на термограмме

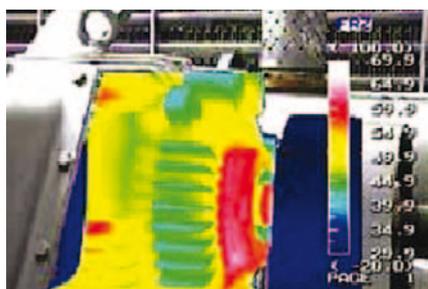


Рис. 8. Обнаружение перегрева подшипникового узла электродвигателя

матриц. Этим же определяются качество изображения, массогабаритные характеристики и цена (матрица и оптика – самые дорогие компоненты тепловизора). Кроме того, высококачественные тепловизоры с большими матрицами снабжены, как правило, и хорошими микропроцессорами, обеспечивающими многофункциональную обработку и представление результатов измерения. В этой связи уместно разделить предлагаемые на рынке тепловизоры на группы в соот-

ветствии с размерами матриц. В настоящее время применяются четыре типовых размера матриц: 60×60; 160×120; 320×240 и 640×480 точек.

Тепловизоры с матрицей 60×60 точек

Главными достоинствами таких тепловизоров являются компактность и низкая цена (в фирменных проспектах их обычно называют тепловизорами эконом-класса). Например, в начале 2011 г. компания «Flir» выпустила один из самых дешевых тепловизоров «Flir i3» (рис. 9). Разрешение 60×60 точек позволяет получать снимки, качество которых вполне достаточно для обнаружения утечек тепла через стены домов, неисправностей систем теплоснабжения и т.п. Сравнительно низкая разрешающая способность и скромный набор функций ограничивают возможность применения подобных приборов для диагностики электрооборудования.



Рис. 9. Тепловизор «Flir i3»

Тепловизоры с матрицей 160×120 точек

Примером таких приборов могут служить тепловизоры «IRISYS 2010», «4010», «4040» английского производства. Их внешний вид показан на рис. 10, характеристики приведены ниже:

Диапазон измерений, °С.....	-10 ÷ 250
Порог чувствительности, °С.....	0.3
Погрешность измерения, °С.....	±2
Оптическое поле зрения.....	20°×20°
Пространств. разрешение IFOV, мрад ...	7,4
Дисплей.....	3,5" ЖК цветной
Передача данных.....	USB
Устройство памяти.....	Сменная карта на 1000 термограмм
Масса, кг.....	0,7 ÷ 1,0



Рис. 10. Тепловизоры марки «IRISYS»

Это уже достаточно серьезные профессиональные приборы, которые вполне можно использовать для диагностики электрооборудования (особенно в условиях ограниченных финансовых возможностей). Если эти ограничения не очень жесткие, есть смысл приобрести приборы более высокого класса, которые обеспечивают и лучшее качество изображения и более широкий набор функций.

Тепловизоры с матрицей 320×240 точек

Примером таких приборов могут служить тепловизоры фирмы «Flir» (Швеция) и «Fluke» (США). Внешний вид двух типов таких приборов показан на рис. 11, а их характеристики – ниже.



Рис. 11. Тепловизоры фирм «Flir» и «Fluke»

Диапазон измерений температуры, °С.....	-10 ÷ 1200
Порог чувствительности, °С.....	0.05
Погрешность измерения, °С.....	±2
Оптическое поле зрения	сменные объективы на 6°, 15°, 25°, 45°, 90°
Пространств. разрешение IFOV, мрад.....	1,4
Дисплей.....	Сенсорный 3,5" ЖК цветной
Наведение на точку.....	Лазер
Функции отображения.....	Четыре палитры, наложение термограммы на фото

Тепловизоры с матрицей 640×480 точек

Это приборы топ-группы, очень качественные, многофункциональные и очень дорогие. Примером таких приборов могут служить тепловизоры фирмы «Flir»: «Flir P620», «P640», «P660» (Швеция). Внешний вид одного из таких приборов приведен на рис. 12, а характеристики – ниже:

Диапазон измерений температуры, °С.....	-10 ÷ 1200
Порог чувствительности, °С.....	0.03
Погрешность, °С.....	±1
Оптическое поле зрения.....	24°×18°, 45°×34°
Пространств. разрешение IFOV, мрад.....	0,33
Дисплей.....	Сенсорный 5,6" ЖК цветной
Цифровая видеокамера.....	Встроенная цветная

Тепловизоры этого класса обеспечивают очень высокое качество снимков и предоставляют широкий набор функций отображения: 10 измерительных точек по температуре, 5 выделяемых областей, поиск t_{max} и t_{min} , построение двух изотерм, оценка разницы температур, построение профиля температуры вдоль заданной траектории.

Использование таких приборов целесообразно, если требуется получать качественные снимки при большом уда-



Рис. 12. Тепловизор фирмы «Flir» (Швеция) с матрицей 640×480 точек

лении от объекта, а также для съемок быстро меняющихся или движущихся объектов, поскольку они имеют режим видеосъемки как в оптическом, так и в инфракрасном диапазоне. Применение их для диагностики электрооборудования в судовых условиях вряд ли оправданно в связи с довольно большими габаритами и очень высокой ценой.

ВЫВОДЫ

Рациональный выбор тепловизионных приборов с учетом их технико-экономических характеристик, специфических особенностей объектов, условий съемки (затесненности помещения, наличие близко расположенных нагретых объектов, температурного режима в помещении и т.д.), характера поставленных задач, требований к качеству и форме представления результатов позволяет в полной мере реализовать преимущества тепловизионного обследования электрооборудования.

Основное преимущество этого оборудования – возможность массового обследования электрооборудования при минимальных затратах ресурсов и времени. Это преимущество позволяет увеличить частоту проверок, тем самым значительно увеличить надежность работы оборудования.

С помощью тепловизионной съемки выявляются не только застарелые и предаварийные дефекты, но и дефекты, только зарождающиеся или находящиеся на самых ранних стадиях развития, а также дефекты, которые невозможно определить иными методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канарчук В.Е., Чигринцев А.Д. Бесконтактная тепловая диагностика машин. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
3. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрического оборудования распределительных устройств. – М., НТФ «Энергопрогресс», 2000.
4. Плотников Ю. И. Точность и достоверность контроля при тепловизионном диагностировании оборудования электрифицированных линий // Железные дороги мира. – 2006. – №3.
5. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. – М.: НЦ ЭНАС, 2001. – 256 с.
6. РД 153-34.0-20.363-99. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и воздушных линий. ООО «ОРГРЭС». 2000.
7. Информационные материалы фирм «Инфраматрикс» (США) и «АГЕМА» (Швеция).
8. Материалы на сайтах компаний ООО «Энерготест», ООО «Диагност», ООО «ИНТЭС», ООО «Центр Тепловидения», Инженерного центра «Энергопрогресс».
9. Информационные материалы компаний: «SAT», «FLIR», «FLUKE», «NEC», «IRISYS». ■

ВЗАИМОСВЯЗАННЫЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В СОСТАВЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Б.Ф. Дмитриев, *д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,*
А.М. Лихоманов, *канд. техн. наук, доцент, СПБИМАШ,*
 контакт. тел. +7 911 721 2936

Качество функционирования автономных объектов (включая транспортные средства) в большой степени определяется надежностью работы его автономной системы электропитания (АСЭ). Основными тенденциями в развитии современных АСЭ является увеличение их сложности, придание возможности гибкого изменения структуры АСЭ в зависимости от условий эксплуатации и мощности потребителей энергии на объекте, регулирование (стабилизация) выходных параметров преобразователей напряжения.

В связи с этим при проектировании унифицированных АСЭ требуется создать структуру преобразователя электрической энергии, которая обеспечила бы желаемые изменения во времени энергетических координат в переходном и квазиустановившемся режимах работы [2]. Точность формирования требуемых траекторий полезной составляющей и степень подавления пульсирующей определяет качество преобразователя.

Теоретическое обоснование вопроса. Рассмотрим импульсную систему (рис. 1, а) с реальным импульсным элементом в виде последовательного соединения идеального импульсного элемента и формирующего элемента (ФЭ), работающим с периодом повторения T_h . На рисунке $W(s, X)$ – передаточная функция непрерывной системы; $f(t)$, $E(t)$ – управляющее воздействие и единичная импульсная функция с двухсторонней модуляцией (рис. 1, б, в); $V(t)$ – сигнал на выходе импульсного элемента, полученный перемножением $f(t)$ и $E(t)$; T_1^* – отрезок времени, на котором ищется решение дифференциального уравнения

$$A(p)Y(t) = B(p)V(t); \quad p = \frac{d}{dt}; \quad A(p) = \sum_{i=0}^n a_i p^{n-i};$$

$$B(p) = \sum_{i=0}^m b_i p^{m-i}; \quad n \geq m-1, \quad (1)$$

определяемого при нулевых начальных условиях передаточной функцией $W(s, X)$ и входным воздействием $V(t)$, где X – вектор коэффициентов a_i, b_i .

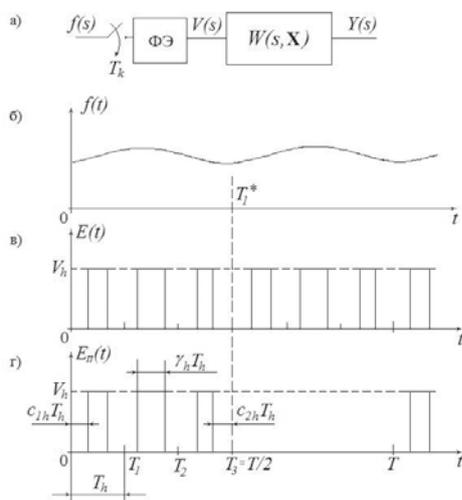


Рис. 1. Функциональная схема импульсной системы (а); управляющее воздействие (б); единичная импульсная функция (в); искусственно периодически модулируемая единичная импульсная функция (г)

Единичная импульсная функция искусственно периодически модулируется (рис. 1, в, г), в соответствии с правилом

$$E_{II}(t) = E(t) \quad \text{при } 0 \leq t \leq T_1; \quad E(t) = 0$$

$$\text{при } hT_h < t < (h+1-c_{2h}-\gamma_h)T_h;$$

$$E(t) = 1(t) \quad \text{при } (h+c_{1h})T_h \leq t \leq (h+1-c_{2h})T_h;$$

$$E(t) = 0 \quad \text{при } (h+c_{1h}+\gamma_h)T_h < t < (h+1)T_h;$$

$h = 0, 1, 2, 3, \dots; c_{1h} + c_{2h} + \gamma_h = 1; E_{II}(t) = 0$ при $T_1 \leq t \leq T; \gamma_h = \frac{T_{IIh}}{T_h}$, и соответствующее периодическое движение аппроксимируется тригонометрическим рядом Фурье:

$$E_{II}(t) = AE_0 + \sum_{k=1}^{\infty} AE_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} BE_k \sin k\omega t;$$

$$AE_k = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{V_h}{k\pi} \left[\sin \frac{(h+1-c_{2h})k\pi}{N} - \sin \frac{k\pi(h+c_{1h})}{N} \right]; \quad (2)$$

$$BE_k = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{V_h}{k\pi} \left[-\cos \frac{(h+1-c_{2h})k\pi}{N} + \cos \frac{k\pi(h+c_{1h})}{N} \right];$$

$$AE_0 = \sum_{h=0}^{N-1} \frac{V_h(1-c_{1h}-c_{2h})}{2N}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T};$$

$$T = qT_1; \quad q \geq 2; \quad k = 2e+1; \quad e = 0, 1, 2, \dots,$$

где T_{IIh}, γ_h – длительность и скважность h -го импульса; N – количество импульсов за $T/2$; h – номер текущего импульса.

При $c_{1h} = 0$ или $c_{2h} = 0$ будем иметь единичную импульсную функцию с модуляцией по срезу или по фронту соответственно. Сигнал на входе $W(s, X)$ представляется в виде

$$V(t) = P_0 + \sum_{k=1}^{\infty} P_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} F_k \sin k\omega t; \quad \omega = \frac{2\pi}{T};$$

$$P_0 = \frac{1}{NT_h} \sum_{h=0}^{N-1} \int_{(h+c_{1h})T_h}^{(h+1-c_{2h})T_h} f(t) dt; \quad P_k = \frac{2}{NT_h} \sum_{h=0}^{N-1} \int_{(h+c_{1h})T_h}^{(h+1-c_{2h})T_h} f(t) \cos k\omega t dt;$$

$$F_k = \frac{2}{NT_h} \sum_{h=0}^{N-1} \int_{(h+c_{1h})T_h}^{(h+1-c_{2h})T_h} f(t) \sin k\omega t dt. \quad (3)$$

При $f(t) = 1(t)$: $P_k = AE_k, F_k = BE_k, P_0 = AE_0$. В общем случае значения F_k, P_k могут быть рассчитаны с помощью формул Бесселя.

Здесь справедливо следующее утверждение: пусть дано линейное стационарное дифференциальное уравнение (1) при нулевых начальных условиях. Если управляющее воздействие $V(t)$ представлено в виде (3), то выходная функция $Y(t)$, при отсутствии кратных корней в характеристическом полиноме, есть совокупность частных решений от отдельных составляющих (2) с точностью до $\Delta(t)$:

$$Y(t) = \frac{b_m}{a_n} P_0 + \sum_{k=1}^{\infty} |W(j\omega k)| P_k \cos(k\omega t + \phi_k) +$$

$$\approx A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin k\omega t; \quad (4)$$

$$W(j\omega k) = \frac{B(j\omega k)}{A(j\omega k)}; \quad \phi_k = \arctg \frac{\text{Im} W(j\omega k)}{\text{Re} W(j\omega k)};$$

$$\Delta(t) = \sum_{q=1}^n \frac{B(s_q)}{A(s_q)} e^{s_q t} \left[\frac{P_0}{s_q} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{F_k k \omega}{s_q^2 + k^2 \omega^2} + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{P_k s_q}{s_q^2 + k^2 \omega^2} \right],$$

где $s_q = q$ -й корень в полиноме $A(s)$; $\dot{A}(s_q)$ – производная $A(s)$ по s при $s = s_q$.

В случае пренебрежения $\Delta(t)$ нахождение A_k, B_k в (4) сводится к решению системы алгебраических уравнений

$$A(k\omega)A_k - B(k\omega)B_k = F(k\omega)P_k - E(k\omega)F_k;$$

$$B(k\omega)A_k + A(k\omega)B_k = E(k\omega)P_k + F(k\omega)F_k; \quad (5)$$

$$A(k\omega) = \sum_{r=0}^{[n/2]} (-1)^r (k\omega)^{2r} a_{n-2r}; \quad B(k\omega) = \sum_{r=0}^{[(n-1)/2]} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} a_{n-2r-1};$$

$$F(k\omega) = \sum_{r=0}^{[m/2]} (-1)^r (k\omega)^{2r} b_{m-2r}; \quad E(k\omega) = \sum_{r=0}^{[(m-1)/2]} (-1)^{r+1} (k\omega)^{2r+1} b_{m-2r-1},$$

где [] – целая часть.

Синтез взаимосвязанного источника. На рис. 2 показана схема автономной взаимосвязанной системы электропитания с широтно-импульсной модуляцией. Здесь $VD_1, L_1, L_1 C_1$ – обратные диоды, индуктивность и емкость сглаживающих фильтров; Z_H, Z_i – внутреннее сопротивление источника питания и нагрузки, которое принимается активно-индуктивным:

$$Z_i = R_{H_i} + j2\pi f L_{H_i},$$

где R_{H_i}, L_{H_i} – активное сопротивление и индуктивность нагрузки. В случае пренебрежения Z_H , будем иметь

$$L_1 C_1 (L_{H_1} + L_1) p^3 i_{H_1} + L_1 C_1 R_{H_1} p^2 i_{H_1} + (L_{H_1} + L_1) p i_{H_1} + R_{H_1} i_{H_1} = E \quad (6)$$

при $hT_h < t < hT_h + \gamma_{h1} T_h;$

$$L_1 C_1 (L_{H_1} + L_1) p^3 i_{H_1} + L_1 C_1 R_{H_1} p^2 i_{H_1} + (L_{H_1} + L_1) p i_{H_1} + R_{H_1} i_{H_1} = 0$$

при $hT_h + \gamma_{h1} T_h < t < (h+1)T_h;$

$$L_2 C_2 (L_{H_2} + L_2) p^3 i_{H_2} + L_2 C_2 R_{H_2} p^2 i_{H_2} + (L_{H_2} + L_2) p i_{H_2} + R_{H_2} i_{H_2} = 0 \quad (7)$$

при $hT_h < t < (h+1)T_h - \gamma_{h2} T_h;$

$$L_2 C_2 (L_{H_2} + L_2) p^3 i_{H_2} + L_2 C_2 R_{H_2} p^2 i_{H_2} + (L_{H_2} + L_2) p i_{H_2} + R_{H_2} i_{H_2} = E$$

при $(h+1)T_h - \gamma_{h2} T_h < t < (h+1)T_h;$; $p \equiv \frac{d}{dt}; \gamma_{hi} = \frac{T_{H_i}}{T_h}.$

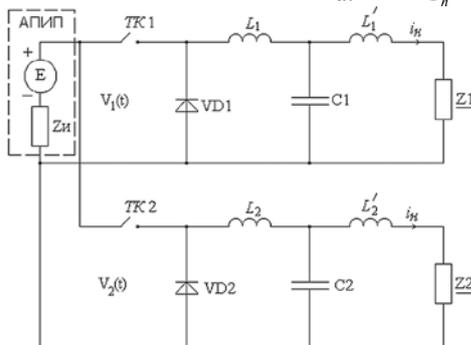


Рис. 2. Взаимосвязанный ШИП

Синтез уравнений (6), (7) заключается в выборе L_i, L_i, C_i при заданном коэффициенте пульсаций в квазиустановившемся режиме и $\gamma_{hi} = \text{const}$. Очевидно, что задача сводится к определению коэффициентов передаточной функции

$$W(s) = \frac{b_i}{s^3 + a_{1i}s^2 + a_{2i}s + a_{3i}}; \quad b_i = \frac{1}{L_i C_i (L_{H_i} + L_i)}; \quad (8)$$

$$a_{1i} = \frac{R_{H_i}}{(L_{H_i} + L_i)}; \quad a_{2i} = \frac{L_{H_i} + L_i}{L_i C_i (L_{H_i} + L_i)}; \quad a_{3i} = \frac{R_{H_i}}{L_i C_i (L_{H_i} + L_i)}.$$

В автономных системах, где мощность первичного источника (аккумуляторной батареи) ограничена, необходимо организовать временной сдвиг между управляющими импульсами сепаратных подсистем. Поэтому для синтеза (6) используем модуляцию по срезу, а для синтеза (7) – модуляцию по фронту.

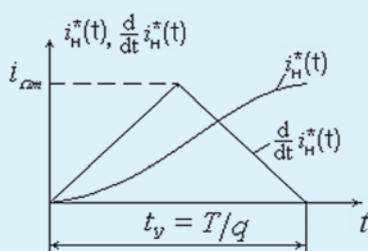


Рис. 3. Желаемая траектория тока нагрузки

Выбор желаемой траектории связан с минимизацией колебаний напряжения V_{C_i} в переходных режимах работы

$$V_{C_i} = (L_{H_i} + L_i) \frac{di_{H_i}}{dt} + R_{H_i} i_{H_i},$$

определяемого скоростью нарастания тока нагрузки. Напряжения $V_i(t)$ представляются в форме (3). Поэтому в качестве желаемой траектории выбирается траектория с треугольным изменением скорости нарастания тока (рис. 3), которая искусственно периодизируется и для модуляции по срезу представляется в виде (4), где значения A_k, B_k рассчитываются по формулам

$$A_k = \frac{2q^2 I_{cp}}{(\pi k)^3} \left[-2 \sin \frac{\pi k}{q} + \sin \frac{2\pi k}{q} \right];$$

$$B_k = \frac{2q^2 I_{cp}}{(\pi k)^3} \left[-1 + 2 \cos \frac{\pi k}{q} - \cos \frac{2\pi k}{q} \right]; \quad (9)$$

$$i_{\Omega m} = \frac{I_{cp} q \omega}{\pi}; \quad t_y = \frac{T}{q}; \quad A_0 = 0,5 I_{cp}; \quad q \geq 2,$$

где $I_{cp}, i_{\Omega m}$ – среднее значение тока нагрузки и максимальное значение скорости изменения тока нагрузки; t_y – время выхода тока нагрузки на среднее значение (время переходного процесса).

При использовании модуляции по фронту выходная координата представляется в виде

$$Y(t - \tau) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos k\omega(t - \tau) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sin k\omega(t - \tau) =$$

$$= A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A'_k \cos k\omega t + \sum_{k=1}^{\infty} B'_k \sin k\omega t;$$

$$A'_k = F1_k A_k + F2_k B_k; \quad B'_k = F1_k B_k - F2_k A_k; \quad (10)$$

$$F1_k = \sum_{r=0}^{\infty} (-1)^r \frac{(\tau k \omega)^{2r}}{(2r)!}; \quad F2_k = \sum_{r=0}^{\infty} (-1)^{r+1} \frac{(\tau k \omega)^{2r+1}}{(2r+1)!}; \quad \tau = T_h(1 - \gamma_{\phi}),$$

где γ_{ϕ} – скважность импульсов при использовании модуляции по фронту.

Для нахождения коэффициентов передаточной функции (8) в соответствии с (2) подставляем $i_{H_i}(t), V_i(t)$ в виде (9), (10), а (3) как

$$(p^3 + a_{1i}p^2 + a_{2i}p + a_{3i}) I_{H_i}(t) = b_i V_i(t)$$

и, сравнивая полиномы при одинаковых функциях времени, получаем при $b_i = a_{3i}$ систему алгебраических уравнений:

$$\begin{bmatrix} -\omega^2 A_{i1} & \omega B_{i1} & A_{i1} - P_{i1} \\ -\omega^2 B_{i1} & -\omega A_{i1} & B_{i1} - F_{i1} \\ -9\omega^2 A_{i3} & 3\omega B_{i3} & A_{i3} - P_{i3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1i} \\ a_{2i} \\ a_{3i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^3 B_{i1} \\ -\omega^3 A_{i1} \\ 27\omega^3 B_{i3} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Для исключения влияния внутреннего сопротивления Z_H необходимо, чтобы

$$|Z_H| \gg |Z_i|; \quad \gamma_1 + \gamma_2 < 1; \quad T_h(1 - \gamma_1 - \gamma_2) > t_H,$$

где t_H – время переходного процесса, обусловленное накоплением электромагнитной энергии в реактивной составляющей Z_H за время $T_h(\gamma_1 + \gamma_2)$.

Значения a_i , полученные путем решения системы (11) для различных значений q, γ, N , приведены в табл. 1 и табл. 2. Также в таблицах приведены значения коэффициента пульсаций и перерегулирования

$$K_H = \frac{I'_m - I_{cp}}{I_{cp}} 100\%; \quad \sigma = \frac{I_m - I_{cp}}{I_{cp}} 100\%,$$

где I_m, I'_m – максимальное значение тока нагрузки в переходном и квазиустановившемся режимах.

При необходимости таблицы могут быть расширены применительно к фильтрам более высоких порядков и другим значениям q, γ, N .

Таким образом, методика синтеза параметров сглаживающего фильтра сводится к следующей последовательности:

– по номинальному значению тока нагрузки I_H и сопротивлению R_{H_i} выбирается скважность:

$$\gamma_i = \frac{I_{H_i} \cdot R_{H_i}}{E};$$

– по заданному времени переходного процесса выбирается период искусственной периодизации:

$$T = q t_y;$$

- по заданной частоте коммутации f_h определяется N ;
- выбираются коэффициенты $W(s)$ (8) путем решения системы (11) или с использованием табл. 1 и табл. 2;
- по выбранным a_i определяются параметры реактивных элементов сглаживающих фильтров согласно (8).

Очевидно, что структуру сглаживающего фильтра можно упростить путем замены T -образного на Γ -образный фильтр. Здесь возможны два варианта. Пусть L_i равно нулю. Если значение a_i , полученное в соответствии с (8), не отличается от расчетного на (0–100)%, в зависимости от скважности, то качественные показатели $i_H(t)$ в переходном и в квазиустановившемся режимах работы изменяются незначительно по сравнению с расчетными.

Таблица 1

Коэффициенты передаточной функции при модуляции по срезу

γ	N	q	a_1	a_2	a_3	$\sigma, \%$	$K_{II}, \%$
0,5	8	3	3,481	7,407	6,384	1,5	0,5
0,5	10	3	3,538	7,637	6,721	1,5	0,5
0,5	4	4	6,117	14,534	15,16	3,5	2,5
0,5	8	4	6,614	17,458	20,121	1,5	1
0,5	10	4	6,635	17,973	21,132	1,5	0,5
0,5	24	4	6,612	19,174	23,634	1	0,5
0,5	4	5	15,235	42,414	53,518	8	4,5
0,5	8	5	18,895	59,277	84,476	2,5	1,5
0,5	10	5	17,539	56,798	82,87	2	1
0,5	8	7	4,77	20,927	37,493	4	2,5
0,5	10	7	4,964	22,507	41,894	3,5	1,5
0,5	8	10	9,862	56,789	137,406	5,5	2
0,5	10	10	10,008	60,042	152,548	3,5	1

Таблица 2

Коэффициенты передаточной функции при модуляции по фронту

γ	N	q	a_1	a_2	a_3	$\sigma, \%$	$K_{II}, \%$
0,5	4	3	1,482	3,45	2,314	8,4	0,4
0,5	8	3	2,771	6,102	5,083	4	0,2
0,5	10	3	2,995	6,649	5,69	4	0,1
0,5	4	4	3,736	9,265	9,259	5,2	2
0,5	8	4	5,053	13,573	15,372	3,4	0,4
0,5	12	4	5,572	15,532	18,316	2,6	0,14
0,5	24	4	6,104	17,777	21,817	2,3	0,1
0,5	4	5	5,301	15,409	18,62	7,4	4,6
0,5	8	5	7,188	23,171	32,138	3,4	1
0,5	12	5	8,199	27,665	40,261	2,4	0,4
0,5	4	7	7,773	29,257	45,32	12	10
0,5	8	7	13,682	58,162	107,551	4,8	2,8
0,5	8	7	73,801	329,344	654,992	4,8	2

Во втором случае, если отклонения a_i значительны, то необходимо уточнить значения L_i, C_i в (8) согласно следующей процедуре:

- решается система алгебраических уравнений:

$$\begin{bmatrix} \omega B_{H1} & A_{H1} - P_{H1} \\ -\omega A_{H1} & B_{H1} - F_{H1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{2i} \\ a_{3i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega^3 B_{H1} + \frac{R_{H1}}{L_{H1}} \omega^2 A_{H1} \\ -\omega^3 A_{H1} + \frac{R_{H1}}{L_{H1}} \omega^2 B_{H1} \end{bmatrix};$$

- рассчитывается значение L_i, C_i в соответствии с (8) для уточненных значений a_{2i}, a_{3i} .

Рассмотрим синтез выпрямителя ВГ-ТПЕ-100-24-0 «Конвертор» (г. Саранск), имеющего следующие параметры: $E = 220 \text{ В}; R_H = 11 \text{ Ом}; I_H = 10 \text{ А}; L_H = 0,001 \text{ Гн}; R_H = 1 \text{ Ом}; f_h = 6 \text{ кГц}; t_y \approx 0,002 \text{ с}; K_H < 1,0 \%$.

Следовательно, имеем:

$$\gamma = 0,5; T = qt_y = 0,008 \text{ с}; \omega = 785,4 \text{ с}^{-1}; N = 24.$$

Коэффициенты a_i передаточной функции $W(s)$, будут:

- при модуляции по срезу
 $a_1 = 6,612\omega; a_2 = 19,174\omega^2; a_3 = 23,634\omega^3$;
 - при модуляции по фронту
 $a_1 = 6,104\omega; a_2 = 17,777\omega^2; a_3 = 21,817\omega^3$.
- Параметры T -образного фильтра:

- при модуляции по срезу
 $C = 4,906 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L_i = 9,244 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; L'_i = 1,118 \cdot 10^{-3} \text{ Гн};$
- при модуляции по фронту
 $C = 4,976 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L_i = 9,103 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; L'_i = 1,229 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$
Параметры Γ -образного фильтра:
- при модуляции по срезу
 $C = 9,271 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L_i = 0,01 \text{ Гн}; L'_i = 0 \text{ Гн};$
- при модуляции по фронту
 $C = 9,9957 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}; L_i = 0,0104 \text{ Гн}; L'_i = 0 \text{ Гн}.$

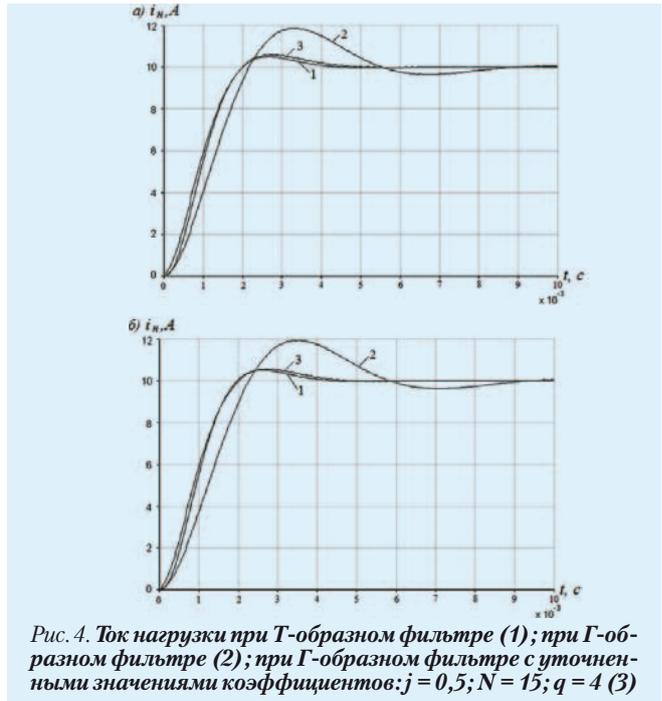


Рис. 4. Ток нагрузки при T -образном фильтре (1); при Γ -образном фильтре (2); при Γ -образном фильтре с уточненными значениями коэффициентов: $j = 0,5; N = 15; q = 4$ (3)

На рис. 4, а и б (кривые 1 и 2) представлены графики изменения тока для T -, Γ -образных фильтров. Из графиков видно, что траектории изменения тока при T -образном фильтре с необходимой для практики точностью соответствуют заданным, а при Γ -образном имеют перерегулирование примерно 18%. Для снижения перерегулирования уточним коэффициенты Γ -образного фильтра:

- при модуляции по срезу: $a_2 = 2,432 \cdot 10^7; a_3 = 2,425 \cdot 10^{10}$;
- при модуляции по фронту: $a_2 = 2,436 \cdot 10^7; a_3 = 2,425 \cdot 10^{10}$, что соответствует:
- при модуляции по срезу: $L_i = 0,01 \text{ Гн}; C = 4,522 \cdot 10^{-5} \text{ Ф};$
- при модуляции по фронту: $L_i = 0,01 \text{ Гн}; C = 4,514 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}.$

На (рис. 4, а и б, кривая 3) показаны графики изменения тока, которые практически соответствуют заданным.

В заключение можно сделать выводы:

- рассмотренный подход обеспечивает с необходимой для практики точностью синтез структуры и параметров сглаживающих фильтров с учетом переходных и квазиустановившихся режимов работы;
- величина пульсаций тока нагрузки в установившемся режиме работы, при заданных γ, N, T определяется инерционностью сглаживающего фильтра;
- влияние внутреннего сопротивления источника на качество переходных и квазиустановившихся режимов работы незначительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чаплыгин Е. Е., Азудов А. Н., Московка А. А. Анализ инверторов напряжения на разветвленную сеть потребителей // Электротехника. – 2000. – №4. – С. 47–51.
2. Дмитриев Б.Ф., Бусько А.М., Сеньков А.А. Инверсные преобразователи в составе автономных систем электропитания // Морской Вестник. – 2004. – №4. – С. 72–82.
3. Лихоманов А.М., Дмитриев Б.Ф., Бизяев А.А., Бусько А.В. Синтез структуры и параметров сглаживающих фильтров для широтно-импульсных систем преобразования энергии // Электричество. – 2005. – №5. – С. 47–51. ■

Для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации в ячейках систем электродвижения судов применяются микропроцессорные (МП) устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), которые в соответствии с международной классификацией относятся к многофункциональным интеллектуальным электронным устройствам IED (Intelligent Electronic Devices). МП РЗА, как правило, служат основой для построения системы управления электроэнергетических систем объектов.

Внешними устройствами ввода для МП РЗА являются измерительные трансформаторы или датчики токов и напряжений, контактные элементы исполнительных и других аппаратов, а также измерители различных параметров с аналоговыми унифицированными сигналами. Преобразование в цифровые или логические сигналы, подходящие для внутренней обработки, производится внутренними средствами МП РЗА. Исполнительными элементами МП РЗА выдаются сигналы на внешние устройства – катушки включения и отключения выключателя, сигнализацию, во внешние схемы автоматики и каналы цифровой связи. Результаты внутренней обработки выводятся на текстовые и графические панели жидкокристаллических дисплеев (терминалы или индикаторы).

МП РЗА систем электродвижения судов на основании анализа значений токов и напряжений выполняет следующие функции:

- максимальная токовая защита;
- защита от перегрузки и затянутого пуска;
- защита от провалов и превышения напряжений и перекосов фазных напряжений;
- дифференциальная защита и т.п. в соответствии с требованиями защит фидера и подключенного к нему источника (потребителя).
- логическая обработка и формирование сигналов разрешения или запрета на выполнение команд включения или отключения выключателя;
- на основании анализа состояния цепей управления и внутренней самодиагностики формирует сигналы о сбоях или отказах.

Таким образом, на основании сигналов, получаемых от МП РЗА и иных устройств, установленных в других силовых цепях, формируются команды управления.

В целом же комплект МП РЗА, устанавливаемый в распределительных устройствах системы электродвижения судов, должен согласованно и во взаимодействии с другой вспомога-

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ СУДОВ

*М.П. Тихомиров, главный специалист,
С.С. Стародед, начальник отдела, ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 740 5053*

тельной аппаратурой обеспечивать выполнение функций защиты, автоматики и управления, определенных требованиями ПУЭ, ПТЭ и правил Российского Морского Регистра судоходства (РМРС).

Следует отметить, что устройства МП РЗА должны обладать свойствами, позволяющими применять их при аварии с судовыми системами и при коротких замыканиях, когда электромагнитная обстановка в электроцитовых

ком исполнении не ниже ОМЗ.1 по ГОСТ 15543.1–89 и ГОСТ 15150–69;

– номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов для судов перспективных проектов должны соответствовать группе механического исполнения М7 по ГОСТ 17516.1–90;

– степень защиты оболочки и дисплейной панели устройства МП РЗА должна соответствовать требованиям РМРС и ГОСТ 14254–96.



Средневольтное оборудование в морском исполнении производства ОАО «Новая ЭРА»

помещениях значительно отличается от нормальной. К устройствам, выполняющим функции защиты, блокировки и управления, предъявляются более жесткие требования, чем к выключателям:

- устройства МП РЗА должны изготавливаться в климатичес-

Информация об относительной погрешности измерения тока $\delta(t)$ и диапазон измерений токов (или нижняя граница диапазона) для ряда российских и зарубежных МП РЗА приведена в табл. 1.

Для обеспечения необходимой точности измерений при нормальных ре-

Таблица 1
Относительная погрешность измерения тока и диапазон измерений токов

Устройство РЗА	Производитель	Относительная погрешность $\delta(t)$, %	Диапазон измерений, % $I_{ном}$
БМРЗ	НТЦ «Механотроника»	4,0	≥ 10
Сириус-2Л	НПФ «Радиус»	3,0	≥ 20
БЭМП	ЧЭАЗ	2,0	≥ 2
МiCOM P124	«Areva»	0,2 (приведенная)	≥ 10
7SI602, 7UM602	«Siemens»	3,0	10–240
F650	«General Electric»	0,5	2–200
SEPAM 1000+ S80	«Schneider Electric»	0,5	≥ 2

жимах работы в современных устройствах МП РЗА используются следующие технические решения:

– применение ИТТ с классом точности 5Р или 10Р, которые в нормальном режиме работы защищаемого оборудования имеют класс точности 1 и выше;

– подключение защиты к измерительным обмоткам измерительных трансформаторов тока (ИТТ);

– введение поправочных коэффициентов в устройства РЗА после проведения процедуры реклассификации ИТТ (позволяет использовать ИТТ класса точности 10 для выпол-

нения измерений с классом точности 0,5);

– использование ИТТ на базе катушек Роговского;

– применение цифровых ИТТ.

Следует отметить, что представленные в табл. 1 МП РЗА российского производства имеют в основном общепромышленное исполнение и не рассчитаны на морское применение, следовательно, для использования в составе распределительных устройств системы электродвижения судов необходима доработка и последующая сертификация РМРС.

В настоящее время для морских заказов ОАО «Новая ЭРА» (www.newelectro.ru) традиционно использует устройства МП РЗА марки «Seram» различных типов производства «Schneider Electric», Франция. Данные устройства полностью отвечают всем предъявляемым требованиям и имеют сертификат РМРС. ■

Впервые идея реализации коммерческого проекта плавучей атомной электростанции (ПАТЭС) была высказана в 1969 г. в США Ричардом Экертом, вице-президентом компании «Public Service Electric & Gas». В 1970 г. с целью практического воплощения этой идеи компания «Westinghouse» совместно с судостроительной компанией «Newport News» создала предприятие «Offshore Power Systems». Согласно первоначальному плану, речь шла о строительстве восьми ПАТЭС мощностью 1–1,2 тыс. МВт для «Public Service Electric & Gas» и постановке их на якорь у побережья США. Затем планировалось строительство искусственных островов с двумя подобными энергоблоками. Проект, однако, закончился неудачно в первую очередь из-за финансовых проблем у «Public Service Electric & Gas» и неверного маркетинга: ПАТЭС планировали поставить в густонаселенных северо-восточных штатах США, которые и так были хорошо обеспечены электроэнергией. Кроме того, негативное влияние оказал инцидент на АЭС «Три-Майл-Айленд» (28 марта 1979 г.), который надолго остановил развитие атомной энергетики в США. В результате оба заказа (Atlantic 1 и Atlantic 2) были аннулированы, а компания «Westinghouse», затратив на проект 180 млн. долл., свернула работы [1].

Тем не менее именно США стали первой страной, эксплуатирующей плавучий атомный энергоблок. Это была мобильная АЭС, которая эксплуатировалась в зоне Панамского канала с 1968 по 1975 г. Она была смонтирована на базе транспортного судна

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВУЧИХ АТОМНЫХ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*М. С. Хвостова, канд. геогр. наук, доцент,
«Севмашвуз»-филиал СПбГМТУ, г. Северодвинск,
контакт. тел. +7 916 628 96 70*

«Sturgis» (тип «Liberty»). На ПАТЭС использовался легководный реактор под давлением МН-1А мощностью 10 МВт. Данная станция на сегодняшний день – единственная в мире плавучая АЭС, которая находилась в практической эксплуатации. Однако среди недостатков системы отмечались очень высокие эксплуатационные издержки (в силу ее уникальности и «несерийности») и высокие требования к персоналу [2, 3].

В СССР идея использования атомных электростанций малой мощности для электро- и теплоснабжения удаленных районов Крайнего Севера и Дальнего Востока возникла еще в первые годы развития отечественной атомной энергетики. Первым объектом малой атомной энергетики, созданным в СССР, стала Билибинская АЭС мощностью

48 МВт. Построена она была в 1974 г. в поселке Билибино, на вечной мерзлоте, для обеспечения энергией развивающейся горнодобывающей промышленности Чаун-Билибинского района Чукотского автономного округа [4].

В 80-х гг. XX в. в результате проведения масштабных технико-экономических исследований в районах российского Севера было выявлено более 80 населенных пунктов, перспективных для размещения объектов малых АЭС. После более детальных проработок число потенциальных площадок сократилось до 33, и они были представлены на утверждение в Совет Министров СССР. Чернобыльская авария 26 апреля 1986 г. прервала этот динамично начавшийся процесс, на долгие годы затормозив развитие малой атомной энергетики в России.

Однако в настоящее время вновь возник интерес к использованию атомной энергетики для развития удаленных районов, обладающих высоким нереализованным потенциалом, в особенности районов Крайнего Севера и Дальнего Востока России с суровыми климатическими условиями и постоянной потребностью в тепле. Одним из наиболее эффективных направлений внедрения атомной энергетики в таких районах рассматривается применение плавучих атомных теплоэлектростанций.

Ключевым фактором для энергетики Севера является именно теплогенерация. Здесь она более значима, чем электрогенерация, в отличие от центральных регионов России, где тепловая энергия, вырабатываемая атомными электростанциями, является побочным продуктом, хотя и используется для теплоснабжения пристанционных поселков.

Одним из аргументов, который приводит ГК «Росатом» в пользу применения АЭС в данных районах – более высокая экономическая эффективность по сравнению с альтернативными вариантами энергоснабжения. Основной вид генерации для локальных энергосистем в настоящее время – электростанции на дизельном топливе – отличается высокой стоимостью электроэнергии в первую очередь из-за сложностей доставки топлива. Фактическая стоимость электроэнергии превышает таковую в европейской части России в 10 раз и более, что делает размещение объектов атомной энергетики в отдаленных регионах весьма актуальным. Малые АЭС позволяют заменить в топливном балансе региона значительные объемы привозного дизельного топлива и мазута и существенно снизить стоимость электрической и тепловой энергии [5].

Плавучие атомные теплоэлектростанции как источник энергии для отдаленных регионов обладают рядом дополнительных преимуществ. В первую очередь, для ПАТЭС не требуется ни крупномасштабной инфраструктуры, ни большого объема строительно-монтажных работ непосредственно на площадке, что крайне важно в условиях труднодоступных районов Камчатки, Чукотки, Якутии и других регионов Крайнего Севера и Дальнего Востока. Промышленная технология сооружения ПАТЭС благодаря приходу на площадку уже готового блока позволяет сократить сроки строительства и повысить контроль качества. Немаловажный фактор и меньшая потребность в персонале ПАТЭС.

Важны для эксплуатации АЭС и вопросы обращения с отработавшим

ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО). Для крупных АЭС в европейской части страны эти вопросы решаются централизованно, с доставкой ядерного топлива и РАО железнодорожным транспортом на комбинаты переработки. За полярным кругом, где железнодорожного сообщения нет, а морской транспорт имеет сезонные ограничения, вывоз ядерных материалов становится большой проблемой. При эксплуатации ПАТЭС утилизация отходов и самого плавучего энергоблока (ПЭБ) решается путем его транспортировки на специализированное судоремонтное предприятие.

Мобильность ПАТЭС позволяет использовать их для реализации краткосрочных проектов, например связанных с освоением и разработкой месторождений полезных ископаемых, по окончании которых станция может быть перебазирована в другое место.

В данный момент ведется строительство атомной теплоэлектростанции на базе ПЭБ с реакторными установками (РУ) КЛТ-40С – модификации реакторных установок, эксплуатирующихся на атомных ледоколах и лихтеровозе «Севморпуть». Установки аналогичного типа используются также на атомных подводных лодках, суммарный опыт эксплуатации которых превышает 6000 реакторо-лет.

По классификации Российского Морского Регистра плавучий энергоблок представляет собой самостоятельное стоечное судно длиной 140 м, шириной 30 м, высотой по борту 10 м, осадкой 5,6 м. Численность сменного персонала – 64 чел. ПАТЭС предназначена для выработки и выдачи потребителям электрической и тепловой

энергии, а с использованием опреснительного модуля – и пресной воды. Основные технические характеристики атомной станции малой мощности (АС ММ) на базе ПЭБ с РУ типа КЛТ-40С приведены в табл. 1 [6].

В процессе эксплуатации предусматриваются три средних ремонта через каждые 12 лет, на время которых плавучий энергоблок будет уходить на докование, замену выработавшего свой ресурс оборудования и перегрузку топлива. Общий срок эксплуатации плавучего энергоблока (ПЭБ) составит 36 лет без учета времени на ремонтное обслуживание и транспортировку. Размеры площадки для размещения ПАТЭС невелики по сравнению с наземными атомными станциями. Береговые сооружения ПАТЭС занимают на порядок меньшую площадь, что является серьезным преимуществом при размещении ПАТЭС в удаленных районах Крайнего Севера и Дальнего Востока в условиях ограниченной строительной базы.

Предварительные экспертные оценки радиационного воздействия ПЭБ на окружающую среду показали следующее.

В соответствии с требованиями СП АТЭС–2003 [7], проектные значения мощности внешнего γ -нейтронного излучения на наружной поверхности ПЭБ при номинальной мощности РУ не должны превышать:

- на участках открытых палуб в зоне контролируемого доступа (ЗКД) – 0,2 мкЗв/ч;
- на участках открытых палуб в зоне свободного режима (ЗСВР) – 0,1 мкЗв/ч;
- на борту выше ватерлинии – 0,2 мкЗв/ч;

Таблица 1

Основные технические характеристики АС ММ на базе ПЭБ с РУ типа КЛТ-40С

Характеристика	Показатель
Реакторной установки КЛТ-40С:	
• тип реакторов	ВВРД
• компоновка	блочная
• тепловая мощность, МВт	2х150
• давление первого контура, МПа	12,8
• температура теплоносителя на выходе из реактора, °С	317
• паропроизводительность, т/ч	2х240
• максимальная электрическая мощность в конденсационном режиме, МВт	2х38,5
• максимальная теплофикационная мощность, Гкал/ч	146
• максимальная электрическая мощность при максимальной теплофикационной, МВт	2х19,4
ПТУ ТК-35/38-3,4:	
• электрическая мощность на клеммах генератора, МВт	2х35
• тепловая мощность, выдаваемая в систему теплоснабжения, Гкал/ч	2х25
• Параметры пара перед турбоагрегатом:	
– давление, МПа	3,43
– температура, °С	285
• температура охлаждающей воды, °С	10
• расход охлаждающей воды, м ³ /ч	5400
• давление пара в конденсаторе (теплофикационный режим), кПа	5

- на борту ниже ватерлинии и днище – 2 мкЗв/ч.

По предварительным оценкам, максимальный суточный выброс активности системы спецвентиляции ПЭБ при нормальной эксплуатации РУ составит 0,01 мКи/сут по аргону-41.

Результаты расчета среднегодовых концентраций аргона-41 в приземном слое воздуха на различных удалениях от ПЭБ за счет проектных выбросов при нормальной эксплуатации показывает, что максимум концентраций будет достигаться на расстоянии 200–300 м от источника и составит около $1,2 \times 10^{-2}$ Бк/м² [8].

Предварительные оценки доз γ -излучения от облака выброса на открытой местности, обусловленных присутствием в приземном слое радиоактивных продуктов, выброшенных в атмосферу, показали, что на расстоянии 200–500 м от источника значение дозы не превышает 20 мЗв в год и убывает более чем в 10 раз на расстоянии 2–3 км.

Возможные дозовые нагрузки на население в результате воздействия газоаerosольных выбросов составят около 0,002 % от дозы естественного радиационного фона, характерного для района размещения.

В общем случае радиационное воздействие при проектной аварии с наихудшими радиационными последствиями определяется [9]:

- внешним γ -облучением тела за счет присутствия радиоактивных продуктов в приземном слое воздуха;
- внешним γ -облучением за счет воздействия радионуклидов, накопившихся в поверхностном слое почвы;
- внутренним облучением органов и тканей за счет ингаляционного поступления радионуклидов в организм человека с вдыхаемым воздухом;
- внутренним облучением органов и тканей за счет перорального поступления радионуклидов в организм человека с загрязненными пищевыми продуктами местного производства.

Основным фактором, оказывающим влияние на облучение организма, является γ -излучение радионуклидов, содержащихся в облаке выброса (48–55 %). На втором месте оказывается облучение организма за счет выпавших на местность радионуклидов (от 23 до 28 %). На третьем и четвертом месте оказываются вклады в дозы от ингаляции радиоактивных веществ (6–16 %) и от поступления радионуклидов с местными продуктами питания (8–12 %).

Анализ γ -излучения от облака выброса показывает, что основной вклад в формирование дозы облучения вносят ксенон-133, ксенон-135 и криптон-88. Определенный вклад в дозу от

радиоактивных выпадений будут вносить йод-133 и йод-131. Вклад цезия-137 находится на уровне 10 %.

В рамках консервативной оценки аварийных доз облучения населения при условиях рассеивания аварийного выброса максимальные приземные концентрации нуклидов составляют доли процента от допустимых концентраций в атмосферном воздухе. Максимальное загрязнение почвы цезием-137 (ниже 5 МБк/км²) не приведет к повышению фона на открытой местности.

Доза внешнего облучения населения в течение года после аварии от факела выброса не превосходит 0,002 % основных годовых разовых пределов, а доза внешнего облучения от загрязненной поверхности – 0,05% от дозы естественного радиационного фона [10].

Как показывают предварительные оценки, выполненные в рамках консервативной модели, проектная авария на АС ММ не выходит за рамки «инцидента» по шкале МАГАТЭ. В соответствии с международными рекомендациями и национальными требованиями, для данного класса аварий не требуется проведения защитных мероприятий для населения и окружающей среды за пределами территории расположения источника [8].

Это обстоятельство позволяет ограничить санитарно-защитную зону (СЗЗ) территорией площадки АС ММ с акваторией в месте стоянки ПЭБ.

С учетом изложенного можно сделать предварительный вывод, что радиационное воздействие АС ММ на население ограничено пределами ее площадки и даже в случае возникновения аварий, включая запроектные, экстренных мероприятий по защите населения не потребуются.

В качестве исходного события для так называемой запроектной аварии (ЗПА) рассматриваются следующие основные ситуации:

- разрыв полным сечением трубопровода подачи теплоносителя на систему очистки;
- разрыв парового коллектора парогенератора полным сечением;
- разрыв трубки теплообменника I–III контуров. В рассматриваемых ЗПА в качестве независимого от исходного события рассматривается отказ автоматики в локализирующей арматуре.

Доза облучения от проникающего γ -излучения за бортом ПЭБ не превышает 0,5 мЗв для наихудшего варианта запроектной аварии, что значительно ниже предельно допустимой дозы облучения на границе СЗЗ 5 мЗв.

Эффективная доза облучения критической группы населения от выброса активности в окружающую среду на всех расстояниях от ПЭБ не превышает 0,15 мЗв.

В случае возникновения аварий на АС ММ радиоэкологические последствия будут определяться главным образом объемом поступления в окружающую среду радионуклидов, имеющих большой период полураспада. При максимальной проектной аварии (ПА) выброс в атмосферу долгоживущих радионуклидов (цезий-134, цезий-137) составит около $2 \cdot 10^7$ Бк. На удалении 1 км от ПЭБ при данном выбросе радиоактивное загрязнение почвы на следе облака может составить 1,2 Бк/м², а на расстоянии 2 км – 0,3 Бк/м². Данные показатели существенно ниже фонового загрязнения территории цезием-137, обусловленного глобальными выпадениями [8].

В течение первого года после ПА мощность дозы γ -излучения на местности может увеличиться на 6×10^{-4} мкЗв/ч, т.е. на величину, соответствующую 1% фонового значения.

В случае возникновения ЗПА выброс долгоживущих радионуклидов может составить 0,4 ГБк; загрязненность почвы радионуклидами цезия на следе облака на расстоянии 1 км – составить 24 Бк/м². По мере удаления от места аварийного выброса загрязнение местности будет существенно снижаться и на расстоянии 5 км составит 0,12 Бк/м².

Фоновые загрязнения почвы в закрытом административном территориальном образовании (ЗАО) г. Вилючinsk, по данным Госсанэпиднадзора (ГСЭН), составляли от 100 до 1480 Бк/м² (2003 г.).

Переход к модульному изготовлению оборудования станции и сборки его в заводских условиях позволит существенно снизить стоимость сооружения АЭС применительно к условиям Крайнего Севера и Дальнего Востока, где доставка стройматериалов и рабочей силы достаточно сложна и дорогостояща. Новые технологии способствуют обеспечению высокого уровня качества и значительному сокращению времени строительства. Все подготовительные работы на площадке можно будет проводить параллельно с сооружением энергоблока, что уменьшает время сооружения ПАТЭС примерно на два года по сравнению с наземными АЭС. Поскольку в инфляционной экономике инвестиции в строительство также подвержены инфляции, сокращение сроков строительства на два года дает существенный экономический эффект в суммарном объеме инвестиций.

Строительство первой ПАЭС согласно скорректированным планам должно завершиться в 2014 г. Заказчиком-застройщиком ПАЭС в Вилючине является Дирекция строящихся плавучих атомных теплоэлектростанций – филиал ОАО «Концерн «Энергоатом», специально созданный для реализации этого проекта. Строительство плавучего энергоблока поручено ОАО «Балтийский завод», имеющему опыт сооружения атомных ледоколов. Генеральный конструктор и поставщик реакторной установки – ОАО «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И.Африкантова» (ОКБМ). Поставщик турбогенераторной установки – ОАО «Калужский турбинный завод». Генеральный конструктор ПЭБ – ЦКБ «Айсберг». Генеральный проектировщик станции – ЗАО «Атомэнерго». Проект реализуется также за счет серьезной кооперации ведущих российских судостроителей и научных организаций, имеющих огромный опыт в создании судов и энергоустановок для морского флота.

Планируется, что головной энергоблок «Академик Ломоносов» будет предназначен для энергоснабжения ЗАТО г. Вилючине и обеспечит электро- и теплоснабжение объектов Минобороны РФ и населения ЗАТО, а также электроснабжение потребителей центрального энергоузла (ЦЭУ) Камчатского края, стабилизацию тарифов на электрическую и тепловую энергию и позволит снизить зависимость региона от привозного топлива.

Ожидается, что последующие серийные плавучие станции найдут широкое применение в энергодефицитных районах, а также при осуществлении проектов, требующих автономного энергоснабжения в отсутствие развитой энергетической системы.

Ведется работа по обоснованию строительства ПАЭС в г. Певек Чукотского автономного округа. Размещение ПАЭС в Певеке позволит в долгосрочной перспективе обеспечить надежное и экономически эффективное энергоснабжение потребителей Чаун-Билибинского промышленно-экономического района (ЧБПЭР), снизить тарифы на электрическую и тепловую энергию и создать условия

для устойчивого развития горнодобывающей промышленности региона.

Мини-серии ПАЭС предполагается построить для энергоснабжения северных районов Республики Саха (Якутия). Цель проекта – создание надежной и экономически эффективной энергетической базы для освоения и разработки уникальных месторождений минерально-сырьевых ресурсов Северной Якутии, снижение стоимости электрической и тепловой энергии в регионе, обеспечение социально-экономического развития северных улусов (районов).

К использованию ПАЭС малой и средней мощности для энергообеспечения добычи и транспортировки углеводородов в прибрежных районах Арктики и на шельфе морей Северного Ледовитого океана проявляет интерес ОАО «Газпром».

Маркетинговые исследования показывают, что ПАЭС интересуются и на мировом рынке. Этот проект привлекает внимание ряда стран Азиатско-Тихоокеанского региона, Ближнего Востока, где применение ПАЭС наиболее актуально в качестве энергисточника для опреснительных установок. Проблема нехватки пресной воды в мире стоит очень остро, а дальше она будет только усугубляться. Уже сейчас в ряде регионов стоимость пресной воды превышает 4–5 долл. за 1 м³ и имеет тенденцию к дальнейшему увеличению [5].

Интерес к малой энергетике сегодня проявляют практически все страны-участницы МАГАТЭ. Научно-технические проработки ведутся достаточно давно. Наиболее перспективные и близкие к реализации проекты реакторных установок малой и средней мощности разрабатываются в Южной Корее (SMART), Японии (4S), Аргентине (CAREM). В США с участием международной кооперации разрабатывается проект IRIS; ведутся работы по усовершенствованию реакторов на тяжелой воде в Индии. При этом большинство разработок ориентировано на создание реакторов мощностью 250–300 МВт, предназначенных для использования в составе региональных энергосистем.

ГК «Росатом» рассчитывает, что реализация проекта головной ПАЭС

в г. Вилючине позволит начать коренную модернизацию инфраструктуры удаленных северных регионов на базе атомной энергетики и откроет перспективы для широкомасштабного внедрения надежных и эффективных инновационных энергоисточников в России и за рубежом.

Таким образом, с развитием ядерных технологий, разработкой судовых ядерных реакторов, имеющих лучшие экономические показатели и более высокий уровень безопасности, при соблюдении национальных и международных норм ядерной и радиационной безопасности, а также опоре на опыт эксплуатации атомного ледокольного флота, можно ожидать, что ПАЭС не приведет к нарушению радиоэкологического равновесия в прибрежных и морских экосистемах в процессе ее длительной эксплуатации, а также к облучению населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов А. Плавучая АЭС: история и эксплуатационные перспективы проекта // Ядерный клуб. – 201. – №1(8). – С. 3–12.
2. Кузнецов В.М. Перспективы плавучих АЭС // Бюлл. по атомной энергии. – 2000. – Январь. – С.23.
3. Кузнецов В.М., Назаров А.Г. Радиационное наследие холодной войны: опыт историко-научного исследования. – М.: Ключ-С, 2006. – 720 с.
4. Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д. Российская и мировая атомная энергетика. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 764 с.
5. Созонок В.А. Плавучие АТЭС: от разговора к делу // Атомная стратегия. – 2008. – №1(33). – С.17–18.
6. Кузнецов В.М., Яблоков А.В., Никитин А.К. Плавучие АЭС России. – 2-е изд. доп. и пер. – М.: Агентство Ракурс Продакшн, 2001. – 111 с.
7. Санитарные правила СП 2.6.1.45–03: Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока. СП-АТЭС-2003, М., 2003.
8. Саркисов А.А., Высокский В.Л., Бидашенико В.П. и др. Ожидаемые радиационные и радиоэкологические последствия эксплуатации плавучих атомных теплоэлектростанций. // Атомная энергия. – 2008. – Т.104. – Вып. 3. – С.178–187.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523. – М.: Минздрав России, 2009. – 115 с.
10. Макаров В.И., Хлопкин Н.С. Об энергетических установках атомных ледоколов нового поколения // Судостроение. – 2005. – №1. – С.21–26. ■

9 декабря 2011 г. генеральный директор ОАО «Концерн «НПО «Аврора» Константин Шилов и ректор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ) Андрей Рудской подписали Соглашение о стратегическом партнерстве. Предметом соглашения стало объединение организационного, научного, образовательного, методическо-

ОАО «КОНЦЕРН «НПО «АВРОРА»: СОГЛАШЕНИЕ О СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПАРТНЕРСТВЕ

ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5946



Ректор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Андрей Рудской и генеральный директор ОАО «Концерн «НПО «Аврора» Константин Шилов

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет – национальный исследовательский университет, осуществляющий подготовку высококвалифицированных конкурентоспособных кадров и проведение мультидисциплинарных научных исследований мирового уровня в интересах высокотехнологичных отраслей национальной экономики. В СПбГПУ обучается около 30 000 студентов и слушателей. В подготовке студентов принимают участие более 3000 преподавателей, среди которых – 25 академиков и членов-корреспондентов РАН, свыше 500 профессоров, докторов наук. Научно-образовательная структура СПбГПУ включает 20 основных факультетов, 148 кафедр, 48 филиалов кафедр, Объединенный научно-технологический институт, включающий 8 НИИ; около 300 научных лабораторий и центров; более 20 малых инновационных предприятий (www.spbstu.ru)

го, материально-технического и инновационного потенциала для реализации совместной деятельности концерна «Аврора» и Политехнического университета в области актуальных научно-технических, инновационных и образовательных проектов и программ, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по перспективным направлениям.

Совместные усилия также предполагается направить на реализацию кадровой политики концерна «Аврора» и СПбГПУ с целью непрерывной подготовки, переподготовки, повышения квалификации и обучения специалистов.

В качестве основных совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ определены разработки в области программного обеспечения систем управления с целью повышения его надежности.

Подписание данного Соглашения стало очередным шагом в развитии творческих и научных связей между крупнейшим разработчиком систем управления кораблей и судов и одним из ведущих технических вузов Санкт-Петербурга. ■

ОАО «Концерн «НПО «Аврора» – крупнейший разработчик и поставщик систем и приборов управления судов гражданского и военного назначения, в том числе автоматизированных систем управления техническими средствами, автоматизированных боевых информационно-управляющих систем, комплексных систем управления, тренажеров и систем обучения; систем управления производственными, технологическими и энергетическими объектами, объектов транспорта, портовых сооружений, автоматизированных систем управления технологическими процессами добычи, переработки и транспортировки нефти, газа и других видов продукции производственно-технического назначения. В концерн входят девять предприятий на территории России и за рубежом (www.avrorasystems.com).

Проектирование и создание интегрированных систем боевого управления (ИСБУ) подводных лодок (ПЛ) связано с необходимостью решения целого ряда теоретических и практических проблем как традиционного характера, так и новых, обусловленных процессами интеграции радиоэлектронного вооружения ПЛ в единую ИСБУ для неатомных ПЛ (НАПЛ). Среди них особое место занимают взаимосвязанные проблемы обоснования структурного облика создаваемой системы и организации ее функционирования при решении функциональных задач, связанных с управлением ПЛ, ее вооружением и оружием в сложных тактических ситуациях.

Наиболее актуальной проблема интеграции комплексов и систем различного назначения в единую систему представляется для НАПЛ, в которых обеспечение высоких боевых свойств сталкивается с ограничениями:

– пространственного объема отсеков;

СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕАТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

В.Н. Волобуев, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
А.Ф. Гаврилов, канд. техн. наук, зам. начальника отделения,
А.Б. Дымент, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Н.М. Киваев, канд. техн. наук, начальник отделения,
С.Е. Новосёлов, главный конструктор, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 702 5517

– энергопотребления приборов;
– размещаемого оружия, вооружения и технических средств;
– помещений для размещения командных пунктов и боевых постов;

– численности экипажа.

Основные аспекты проблемы формирования структурного облика ИСБУ обозначены на рис. 1.



Рис. 1. Основные аспекты проблемы формирования структурного облика ИСБУ

Проблема включает в себя три взаимосвязанных аспекта: – *концептуальный*, характеризующий понятие и содержание процессов интеграции систем различного функционального назначения в единую систему, а также условия ее проведения; – *общесистемный*, определяющий структуру, функции, связи и основные свойства интегрированной системы; – *организационный*, характеризующий методы, модели, алгоритмы и организацию решения функциональных задач.

Организационное, функциональное, программное и техническое объединение систем различного назначения в единую ИСБУ ПЛ должно обеспечить получение нового системного свойства, которым не обладала в полной мере ни одна из интегрируемых систем. Для ИСБУ ПЛ таким свойством является способность осуществлять непрерывное адаптивное управление ПЛ в зависимости от изменения внешних и внутренних условий ее функционирования.

Обоснование структуры построения ИСБУ для перспективных НАПЛ и организации их функционирования должно базироваться на теоретических положениях классических научных дисциплин. При этом следует учитывать последние достижения в области разработки новейших информационных и сетевых технологий.

Основная идея автоматизации управления ПЛ должна основываться на формализованном представлении процесса боевой деятельности ПЛ в виде тактических ситуаций (отдельных задач, этапов и эпизодов боевой деятельности), которые могут быть описаны логико-лингвистическими и математическими моделями с формированием типовых вариантов действий в зависимости от тактической ситуации.

ИСБУ для перспективных НАПЛ должны иметь возможность при существенных изменениях тактической ситуации не только переходить к управлению ПЛ в других эпизодах боевой деятельности, но и изменять порядок и содержание решаемых функциональных задач.

Таким образом, основным принципом совершенствования организации функционирования ИСБУ является принцип реализации адаптивного ситуационного управления. Один из вариантов структурно-функциональной схемы ИСБУ модернизируемых НАПЛ представлен на рис. 2.

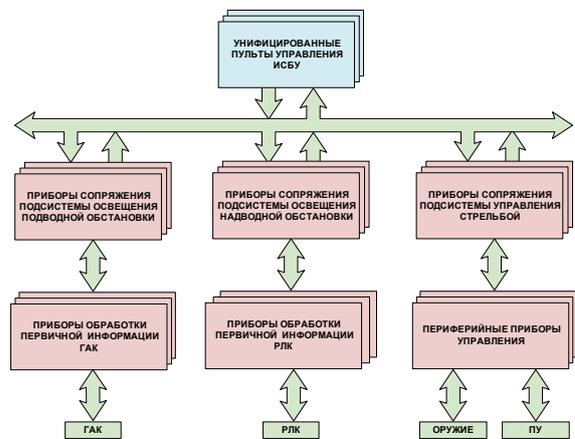


Рис. 2. Вариант структурно-функциональной схемы ИСБУ модернизируемой НАПЛ

В данном варианте предполагается, что информация из приборов сопряжения подсистем подводной и надводной обстановки и управления стрельбой поступает в каждый из унифицированных пультов управления, где результаты решения функциональных задач могут отображаться на любом экране. Этот вариант наиболее близок к существующей структуре систем управления отечественных НАПЛ. Однако представленный вариант не полностью отражает все возможности эффективного функционирования ИСБУ, так как он не обладает требуемой степенью интеграции подсистем.

На рис. 3 представлен вариант структурно-функциональной схемы ИСБУ перспективной НАПЛ.

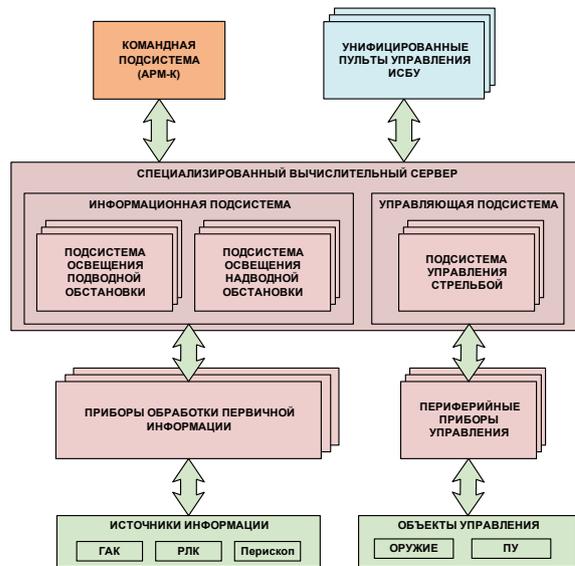


Рис. 3. Вариант структурно-функциональной схемы ИСБУ перспективной НАПЛ

Вариант, показанный на рис. 3, наиболее полно отражает перспективы развития структуры ИСБУ. Как видно из этого рисунка, в состав ИСБУ входят:

- командная подсистема (АРМ-К);
- унифицированные пульты управления;
- резервированный специализированный вычислительный сервер, осуществляющий решение функциональных задач подсистем подводной и надводной обстановки, входящих в состав информационной подсистемы, и подсистемы управления стрельбой;
- приборы обработки первичной информации информационной подсистемы;
- периферийные приборы управляющей подсистемы.

Командная подсистема (АРМ-К) предназначена для управления координированной работой информацион-

ной и управляющей подсистем. В ее основные функции входят:

- постоянный анализ и оценка оперативно-тактической обстановки;
- формирование замысла и способов решения боевой задачи;
- выбор способа и принятие решения на его реализацию.

Наиболее гибко функционирование ИСБУ в процессе боевой деятельности может быть реализовано в том случае, когда вся информация, поступающая от различных подсистем ИСБУ, будет обрабатываться в специализированном вычислительном сервере в едином информационном пространстве. Это позволит использовать вычислительные, алгоритмические, программные и временные ресурсы ИСБУ в соответствии с изменениями тактической обстановки и приоритетностью выполнения этапов поставленной боевой задачи и их отдельных элементов.

Наличие специализированного вычислительного сервера позволит также организовать гибкую работу операторов системы в зависимости от текущей тактической ситуации и отображать требуемую информацию на любом из экранов унифицированного трехсекционного пульта управления.



Рис. 4. Унифицированный пульт управления ИСБУ

Унифицированный трехсекционный пульт управления ИСБУ (рис. 4) может без ущерба качества функционирования заменить три имеющихся пульта, расположенных в ГКП (две секции – БИУС, две секции – ГАК и одна секция – РЛК). Это позволит снизить массогабаритные характеристики системы, сократить количество обслуживаемых ИСБУ операторов, а на освободившееся место поставить командную подсистему (АРМ-К), что при существующей структуре ГКП невозможно.

Функционирование ИСБУ происходит в двух основных режимах:

- под управлением командной подсистемы (в рамках заданного командной подсистемой тактического эпизода);
- автономно (вне рамок тактического эпизода).

При работе ИСБУ под управлением командной подсистемы функции информационной и управляющей подсистем, не связанные с решением задач заданного тактического эпизода, приводятся в автоматический режим выполнения или отключаются. Результаты автоматических решений отображаются оператору командной подсистемы для оценки общей обстановки.

В режиме функционирования ИСБУ в рамках заданного тактического эпизода объем отображаемой информации и возможности управления подсистемами ИСБУ операторами ограничиваются необходимым набором функций, обеспечивающих достижение целевой функции данного тактического эпизода.

Работа ИСБУ в автономном режиме осуществляется под управлением операторов системы. При этом объем отобража-

емой информации и возможности управления подсистемами ИСБУ определяются операторами вручную.

Ядром системы является сервер задач, объединяющий функции системного планировщика и сервера распределенной базы данных, реализующий следующие функции:

- централизованное управление выполнением функциональных задач;
- хранение данных функциональных задач в базе данных;
- передача обновлений данных функциональным задачам;
- разграничение доступа к данным в базе данных.

Важной составной частью ИСБУ является ее информационное обеспечение. В обобщенном виде состав информационного обеспечения и его взаимодействие с программами функциональных задач показан на рис. 5.

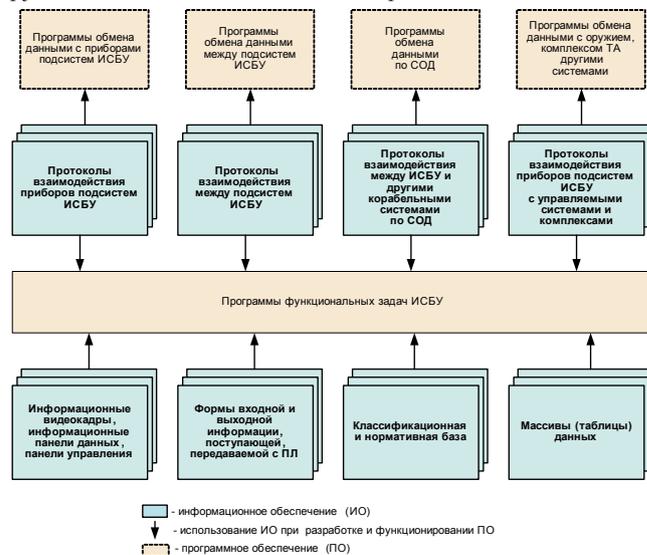


Рис. 5. Информационное обеспечение ИСБУ

Массивы, таблицы (базы) данных формируют единое информационное пространство и содержат:

- исходную информацию для решения функциональных задач;
- промежуточные и окончательные результаты решения по каждой функциональной задаче, включая таблицы текущей обстановки по своим силам и противнику и другую информацию;
- информацию для документирования по решаемым задачам, по вводу данных в оружие и другую информацию;
- информацию для обмена между приборами подсистем;
- информацию для обмена между подсистемами ИСБУ и другую информацию;
- информацию для обмена между ИСБУ и другими корабельными системами.

Информационное обеспечение наравне с алгоритмами функциональных задач представляет собой необходимые исходные данные для разработки программ решения функциональных задач.

Комплект программного обеспечения (ПО) ИСБУ ПЛ должен обеспечивать функционирование в объеме, необходимым и достаточным для решения всех задач в специализированном сервере, командной подсистеме и унифицированном пульте управления.

Состав и структура ПО ИСБУ ПЛ приведены на рис. 6.

Принятые решения по интеграции подсистем различного функционального назначения в единую ИСБУ определяют особенности построения ПО.

Универсальные пультовые модули управления ИСБУ имеют одинаковую структуру ПО (рис. 7) и используются для управления режимами работы информационной и управляющей подсистем, а также отображения информации, выработанной в приборах ИСБУ.



Рис. 6. Состав программного обеспечения ИСБУ

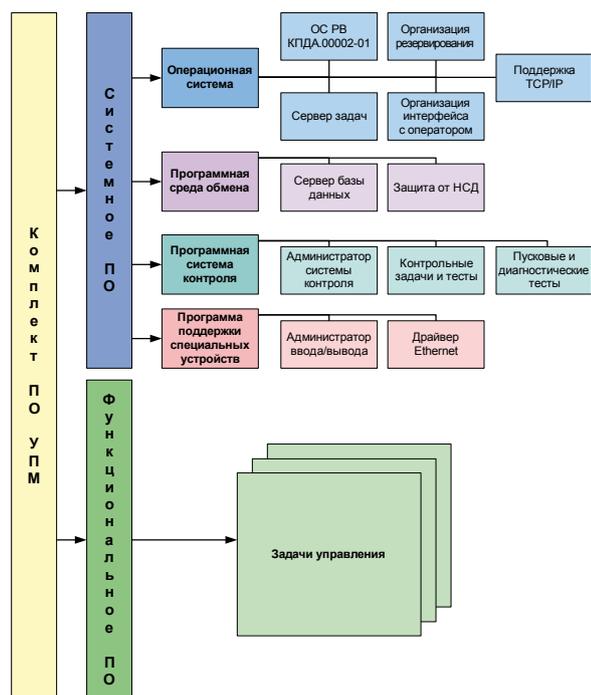


Рис. 7. Состав и структура ПО универсальных пультовых модулей

Резервированный специальный вычислительный сервер (рис. 8) используется для реализации функций управляющей и информационных подсистем в едином информационном поле данных путем комплексной обработки данных, поступающих от приборов ИСБУ. При этом обмен информации между приборами ИСБУ должен осуществляться с использованием протоколов семейства ТСР/Р.

ПО приборов обработки первичной информации информационной подсистемы, а также периферийных приборов управляющей подсистемы может использовать другую операционную систему и соответственно другую структуру ПО.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована структура построения ИСБУ перспективных НАПЛ, на верхнем уровне которой находится командная подсистема, координирующая весь процесс функционирования ИСБУ, на среднем уровне находятся информационная и управляющая подсистемы, а на нижнем уровне – источники информации и объекты управления.

2. Разработаны два варианта структуры построения ИСБУ применительно к модернизируемой и перспективной НАПЛ.

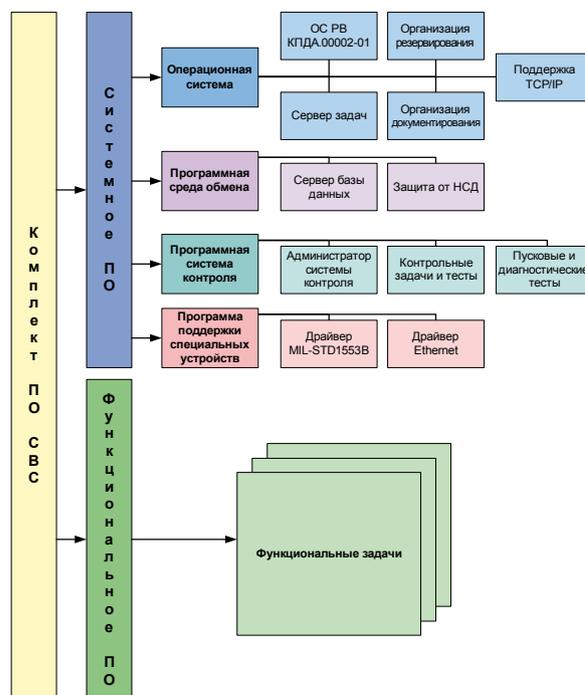


Рис. 8. Состав и структура ПО специализированного вычислительного сервера

Показано, что второй вариант наиболее полно отражает перспективы развития структуры ИСБУ.

3. Показано, что наиболее гибко функционирование ИСБУ в процессе боевой деятельности может быть реализовано в том случае, когда вся информация, поступающая от различных подсистем, будет обрабатываться в специализированном вычислительном сервере в едином информационном пространстве.

4. Предложен унифицированный трехсекционный пульт управления, применение которого в составе ИСБУ позволит обеспечить:

- качественно новое обобщенное представление информации оператору, повышающее оперативность решения задач управления боевой деятельностью НАПЛ;
- снижение массогабаритных характеристик НАПЛ за счет уменьшения количества пультов в системе управления;
- сокращение численности личного состава, за счет совмещения одним оператором нескольких функций;
- унификацию пультового оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волобуев В.Н., Гаврилов А.Ф., Дымент А.Б., Полищук П.В. Основные принципы формирования структурного облика и организации функционирования корабельных интегрированных систем боевого управления // Системы управления и обработки информации. – 2010. – Вып.21.
2. Волобуев В.Н., Гаврилов А.Ф., Дымент А.Б., Полищук П.В. Концептуальные аспекты и принципы формирования структурного облика и организации функционирования корабельных, интегрированных систем боевого управления // Морская радиоэлектроника. – 2010. – № 3–4 (33–34).
3. Волобуев В.Н., Гаврилов А.Ф., Дымент А.Б., Полищук П.В. Формирование структурного облика корабельных интегрированных систем боевого управления. Принципы построения и организация функционирования. – XVI Макеевские чтения. Интегрированные многофункциональные системы управления для ВМФ. Всерос. науч.-техн. конференция, 2010.
4. Гаврилов А.Ф., Дымент А.Б., Полищук П.В. Проблемы формирования структурного облика перспективных интегрированных АСБУ ПЛ и его влияние на организацию решения функциональных задач. // Системный анализ при создании и применении кораблей, вооружения и военной техники / ВМА им. Н.Г. Кузнецова. – 2005. – Вып. 16.
5. Гаврилов А.Ф., Дымент А.Б., Луцки В.Л., Полищук П.В. Проблемы и перспективы развития автоматизированных систем боевого управления (АСБУ) ПЛ // Морская радиоэлектроника. – 2008. – № 4 (22). ■

Внастоящее время для ВМФ России предусматривается постройка серии кораблей типов «корвет», «фрегат», «корвет ОВР», ДПЛ, АПЛ, а также модернизация АПЛ.

Для оснащения флота нового поколения требуются радиолокационные средства, разработанные на новой элементной базе, максимально интегрированные по выполняемым функциям, использующие широкий диапазон частот и многоканальные по построению.

Одной из важнейших функций радиолокатора для надводных кораблей (НК) и подводных лодок (ПЛ) является освещение надводной обстановки (ОНО). Для выполнения этой задачи в современных условиях требуется, чтобы РЛС обладала большой дальностью действия, большим быстродействием и высокой помехозащищенностью.

Достижение высокого быстродействия в перспективных РЛС возможно только с переходом на АФАР и ФАР. Эта тенденция прослеживается и за рубежом, и в России, кроме того, РЛС должна выдавать исходные данные для решения задачи целеуказания (ЦУ) с целью применения ракетного и торпедного оружия. Для решения этой задачи РЛС должна быть выполнена по многоканальной схеме, т.е. иметь:

- АРК с большим потенциалом,
- ПРК в диапазоне волн от миллиметровых до дециметровых с дальностью действия до 300–350 км,
- канал связи с авиационными носителями с дальностью действия до 300 км,
- канал связи с кораблями в группе (В30И – В30Р),
- иметь канал приема информации от КА.

Эти функции могут быть совмещены с РЛС освещения надводной обстановки, особенно для малых кораблей, вооруженных современными ракетно-торпедными средствами.

Таким образом, опираясь на анализ современных требований к корабельной радиолокации, можно сделать следующие выводы:

- РЛС необходимо строить по многофункциональной схеме, решающей вопросы освещения надводной и воздушной обстановки и вырабатывающей исходные данные для целеуказания ракетному и торпедному оружию,
- активный канал РЛС должен использовать сложный ФМ-сигнал с переменными кодо-временными и частотными параметрами для обеспечения максимальной помехозащищенности,
- пассивный канал должен быть широкополосным с мгновенным измерением параметров источников радиоизлучения, даже по одному импульсу,
- в состав РЛС должны быть включены каналы приема информации от

СОСТОЯНИЕ И СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

*Г.А. Коржавин, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., первый зам. ген. директора,
В.П. Иванов, главный конструктор РТС,
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 271 6774*

авиационных, космических, береговых и корабельных источников,

– состав РЛС должен определяться теми задачами, которые выполняет НК или ПЛ,

– перспективные РЛС необходимо строить на базе БМК с использованием АФАР, ФАР.

РЛС ДЛЯ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

Сегодня при формировании военных флотов в мире, в том числе и в России, основной тенденцией становится строительство малых и средних кораблей типа «корвет» и «фрегат», обладающих возможностью плавания в морях и океанах на большом удалении от места базирования и обладающих современным ракетно-торпедным оружием. При этом должно быть реализовано максимальное информационное обеспечение, включающее корабль в единое информационное пространство (ЕИП) взаимодействия сил на море. Одну из основных функций в обеспечении ЕИП выполняют корабельная РЛС и различные системы связи.

Комплекс РЛС для малых кораблей типа «корвет» или кораблей ОВР должен освещать надводную и воздушную обстановку, осуществлять связь между кораблями в группе и принимать информацию о целевой обстановке от авиационных носителей.

В соответствии с задачами он должен иметь в своем составе активный и пассивный каналы, систему В30И-В30Р, работающие с одной универ-

сальной антенной (рис. 1), способной принимать сигналы в диапазоне волн от миллиметровых до дециметровых, а также антенное устройство для связи с авиационными или космическими носителями.

В АРК должен быть реализован сложный квазинепрерывный ФМ-сигнал, который обеспечивает дальность действия при наличии приводного волновода до 200–250 км. ПРК должен измерять все параметры излучения по одному импульсу (кроме периода повторения) и классифицировать до 1000 излучающих РЛС, параметры которых находятся в памяти ЦВС.

Связь с авиационными носителями осуществляется на дальностях до 300 км, при этом данные о целевой обстановке могут быть получены для дальностей 300–400 км.

Следовательно, комплекс по информации от АРК и ПРК может автономно, без связи с другими источниками информации, обеспечивать целеуказания тактическим ПКР (типа Х-35) и торпедному оружию всех классов.

Информация, полученная от авиационных или космических источников, обеспечивает данными ЦУ для оперативно-тактических ПКР, устанавливаемых на корветы или фрегаты.

В настоящее время в ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» создан экспортный вариант РЛКС ЗЦ-25Э (рис. 2) на базе российских разработок со многими ограничениями по параметрам, однако удовлетворяющий требованиям экспортных



Рис. 1. Вариант антенного поста РЛС надводного корабля ЗЦ-25Э

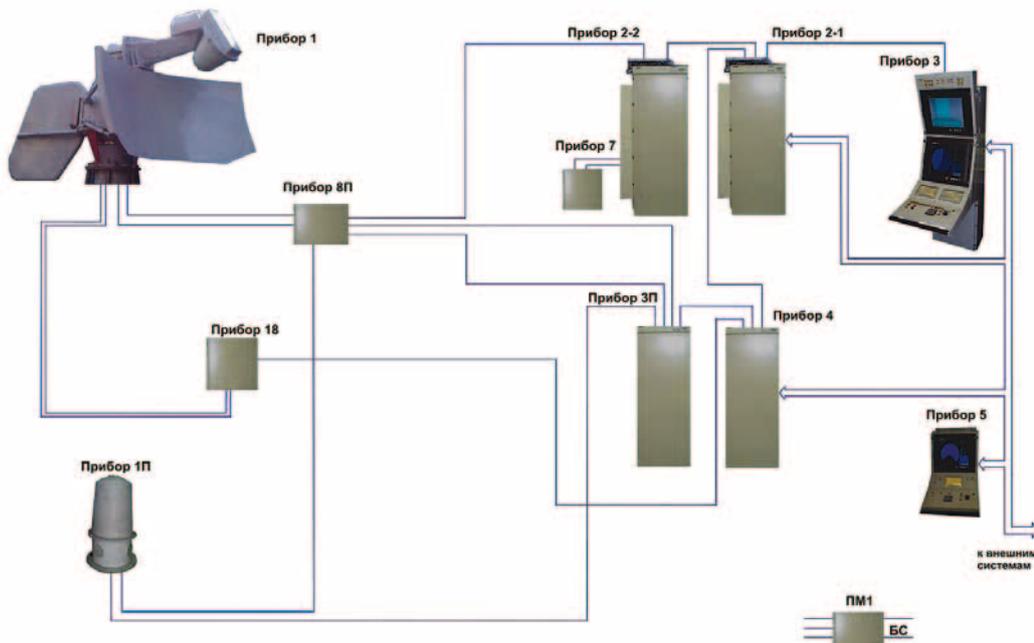


Рис. 2. Структурная схема ЗЦ-25Э
АРК – диапазон «Х», ПРК – диапазоны E/F, L, S, C, X

кораблей по освещению надводной обстановке и ЦУ для оружия, которым вооружены эти корабли. Станция изготавливается серийно, поставляется в Индию, Вьетнам, Алжир. Установлена на корабли пр. 11356, 1241.8, 25, 15, 17, 1234.

С учетом старения элементной базы комплексы, находящиеся в эксплуатации, перманентно модернизируются, что повышает их надежность и увеличивает время наработки на отказ.

Перспективные направления развития корабельных РЛС. Развитие современных радиолокационных средств кораблей идет по следующим направлениям:

- создание многофункциональных комплексов;
- повышение быстродействия по обнаружению надводных и воздушных целей;
- повышение помехозащищенности от всех видов активных и пассивных помех;
- повышение потенциала для обнаружения на загоризонтных дальностях кораблей, созданных по технологии «Стелс»;

– максимальное интегрирование антенных систем на базе активных и пассивных ФАР в составе ИБМК;

- замена вакуумных элементов на твердотельные;
- применение цифровой обработки на СВЧ.

В концерне ведутся работы по данным направлениям и прежде всего по созданию ИБМК с учетом обеспечения работы по основным радиотехническим системам корабля:

- РЛК освещения радиолокационной обстановки;
- РЛК взаимодействия с кораблями группы;
- система радиотехнической разведки;
- система радиотехнической борьбы;
- система приема информации от АВНП;
- система приема информации от КА;
- активный канал получения данных для ЦУ;
- пассивный канал получения данных для ЦУ;
- система управления ЗРК и АК;

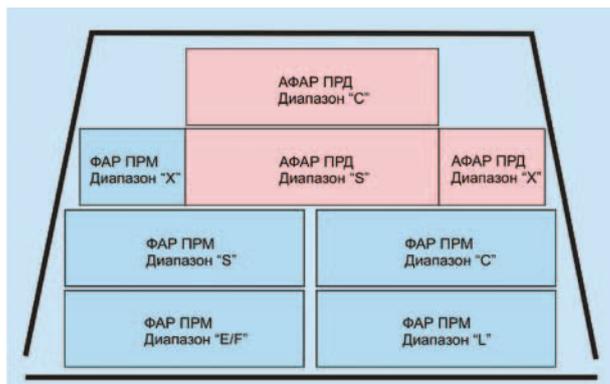


Рис. 3. Вариант расположения полостей АФАР различных литер на одной из четырех граней БМК корабля

– система связи с береговыми или космическими комплексами передачи информации.

С учетом перечня решаемых задач и частот разработана структура АФАР и ПФАР, которая предусматривает размещение на четырех гранях ИБМК отдельных передающих и приемных ФАР (рис. 3).

РЛС ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Подводные лодки четвертого поколения проектируют уменьшенного водоизмещения, но с существенным увеличением боевой мощи. Так, малые дизельные ПЛ кроме торпед вооружены ПКР для поражения морских и наземных

целей. Многоцелевые АПЛ вооружены до четырех типов ракет, устанавливаемых в универсальные контейнеры, обеспечивающие вертикальный старт и занимающие меньший объем в АПЛ. На стратегических АПЛ устанавливаются новый комплекс баллистических ракет.

Для обеспечения безопасности плавания и возможности получения целеуказания на больших удалениях от мест базирования на ПЛ размещаются радиолокационные комплексы освещения надводной и воздушной обстановки и системы приема информации о целевой обстановке от авиационных или космических средств целеуказания.

РЛС для малых ПЛ строят с учетом современных тенденций их развития и по непроницаемому принципу. Это значит, что кроме кабелей, идущих в прочный корпус через герморазъемы, никаких волноводных выдвигных устройств не должно быть. Чтобы выполнить такие требования, в антенном устройстве должны быть размещены передающие устройства и ряд приемных устройств. Кроме того, в кабелях прокладываются оптоволоконные или СВЧ-кабельные линии для передачи и приема СВЧ сигналов малой мощности.

Примером такой РЛС является КРМ-66Э (рис. 4), создаваемая для НАПЛ. В ее составе имеются активный и пассивный каналы, которые позволяют обнаруживать надводные цели на расстояниях до радиогоризонта, а в пассивном режиме обнаруживать излучение корабельных или самолетных станций на расстояниях до 200–300 км.

Примером развития информационных систем для малых ПЛ может служить работа по интеграции радиолокационной информации с

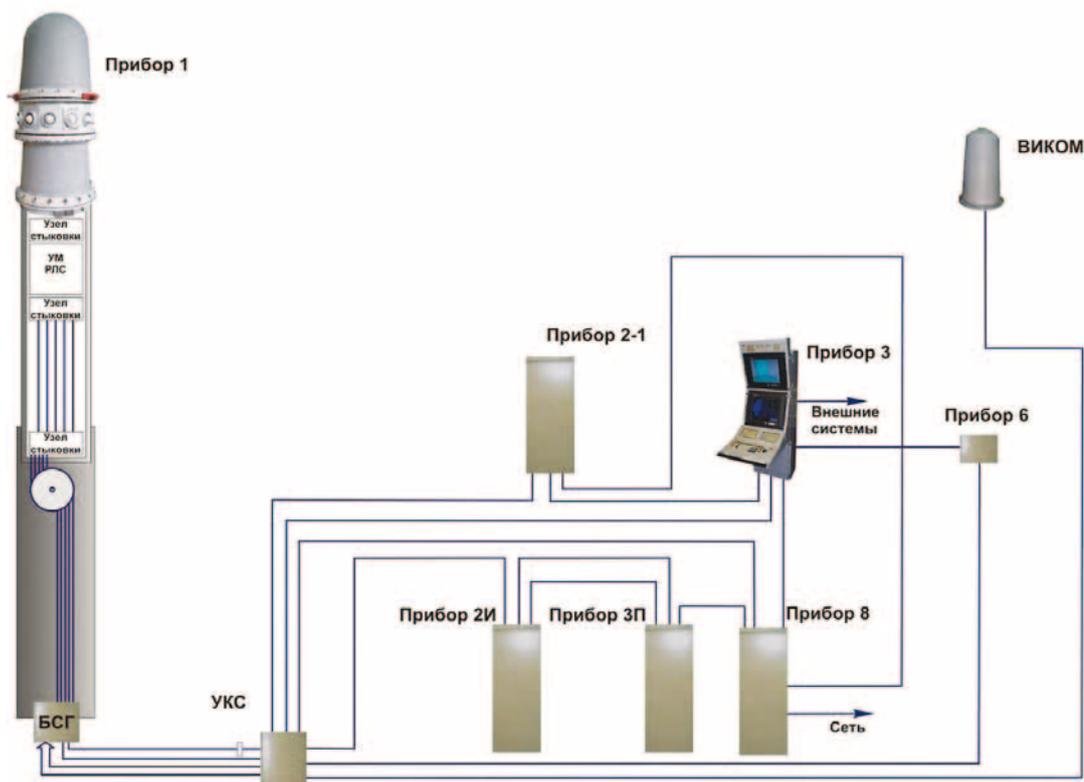


Рис. 4. Структурная схема КРМ-66Э

системой боевого управления кораблем, выполненная совместно ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», ОАО «Концерн «НПО «Аврора» и ОАО «Концерн «Океанприбор». При этом предусматривается объединение информации в едином вычислительном комплексе и выведение индикации на унифицированные мониторы. Работы ведутся в рамках созданного консорциума на базе трех перечисленных организаций.

Для многоцелевых и стратегических АПЛ целесообразно реализовать конструкцию антенны по непроникающему принципу с заимствованием элементов конструкции от РЛС КРМ-66Э, (см. рис. 4). С этой целью в активном канале в выдвижном устройстве вместе с антенной располагается твердотельный усилитель мощности (150–300 Вт), который не требует водяного охлаждения и снимает все трудности с конструкции ПМУ.

Пути модернизации РЛС для ПЛ. Для многоцелевых ПЛ в первую очередь напрашивается объединение функций освещения надводной обстановки и выработки ЦУ для ракетно-торпедного оружия подобно тому, как это предложено для НК.

Объединение начинается с антенной системы, т.е. надо строить антенны на базе АФАР и ФАР для всех используемых диапазонов и размещать их на ИБМК в едином ПМУ. Это позволит до минимума сократить количество ПМУ в ПЛ, что существенно упростит

конструкцию ПЛ в целом. Рубочные приборы будут унифицированы с корабельной аппаратурой, что существенно сократит сроки разработки РЛС и сроки изготовления аппаратуры.

На тех ПЛ, которые решают только задачи по освещению обстановки, преимущественно антенны на базе ФАР будут проявляться в значительном уменьшении времени нахождения в перископном положении.

В целом модернизация РЛС для НК и ПЛ ведется в концерне «Гранит-Электрон» по нескольким направлениям:

- разработка твердотельных передающих устройств мощностью 150–300 Вт, работающих с малой скважностью и излучающих широкополосные сигналы с переменными параметрами,
- разработка в кооперации с ОАО «Исток» маломощных усилителей в широком диапазоне частот,
- разработка специализированных вычислителей для обработки радиотехнической информации в многофункциональных РЛС,
- разработка цифровых устройств для обработки СВЧ сигналов,
- выполнение антенн из композитных материалов,
- широкое применение ВОЛ для передачи СВЧ энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом тенденции в мире и в России на преимущественное строитель-

ство малых и средних надводных кораблей, имеющих многоцелевое назначение и несущих различные виды ракетно-торпедного оружия перспективным направлением развития радиотехнических и радиолокационных средств кораблей становится создание многофункциональных радиотехнических комплексов, объединяющих все антенные системы на базе ИБМК, построенного с использованием активных и пассивных ФАР для всех диапазонов, используемых в радиотехнических системах корабля.

Важным при строительстве многофункциональной системы является создание управляющего вычислительного комплекса, определяющего логико-временную диаграмму работы каждого радиотехнического средства, обеспечивающую электромагнитную совместимость при параллельной работе всех корабельных средств.

Для малых ПЛ перспективным направлением можно считать создание интегрированных систем боевого управления, объединяющих гидроакустическую, радиолокационную и связную аппаратуру, что позволяет решать задачи ОНО и ЦУ, а также обеспечивать навигационный режим. При этом объем аппаратуры, особенно в антенной части, существенно сокращается.

Для перспективных ПЛ и АПЛ целесообразно строить антенную систему на базе ИБМК с использованием АФАР и ПФАР по корабельному типу, что существенно уменьшит объем антенн под обтекателем, а также количество ПМУ и, возможно, позволит отказаться от обтекателей, рассчитанных на большое давление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров В.А., Подоплекин Ю.Ф., Шаров С.Н. Основные особенности концепции целеуказания для РО ВМФ. – Тр.4-й Всерос. науч.-производ. конф. «Актуальные проблемы защиты и безопасности», СПб., 2001.
2. Коржавин Г.А., Подоплекин Ю.Ф., Шаров С.Н. Интегрированные системы управления РО корабля. – СПб.: ОАО «НПП «Радар ММС», 2005. ■

Иногда говорят, что планету Земля следовало бы назвать планетой Океан, поскольку 70 процентов ее поверхности покрыто водой. И на протяжении всей своей истории человечество стремилось заглянуть в его таинственные глубины. По преданию еще Александр Македонский совершил погружение в некое подобие обитаемого аппарата.

Не станем перечислять все этапы истории подводного кораблестроения, отметим лишь, что благодаря техническому прогрессу уже к концу Первой мировой войны «погаенные суда» доказали свою эффективность и стали неотъемлемым компонентом военно-морских сил. Со временем произошло неизбежное разделение типов субмарин, вызванное необходимостью иметь различные классы подводных лодок в зависимости от их назначения. И как отдельное направление началась разработка подводных аппаратов для решения ряда специфических задач, таких как обследование аварийных подводных лодок и спасение их экипажей. Одновременно создавались и аппараты для океанографических исследований. С той поры эти два пути то расходились, то сближались, а иногда и пересекались. Основное соперничество, как и в других сферах, развернулось между США и СССР, но строительство шло также во Франции, Японии, Англии и ФРГ. Основными типами аппаратов стали телеуправляемые обитаемые и автономные глубоководные обитаемые.

Перечислим лишь некоторые проекты периода бурного развития «малого» подводного кораблестроения: «Элвин», «Алюминат», семейство «Дипстар» с рабочими глубинами от 610 до 6100 м (США), «Архимед», «FNRS-III», «Дениз» (Франция), «Курисио» (Япония), «Иомиури», «SURV» (Англия), «Штинт» (ФРГ).

В СССР были созданы: подводные лодки «Северянка», глубоководные аппараты «Бентос-300», «Север-2», «Тинро-2», «Поиск-2», «Поиск-6», в Канаде для АН РФ были построены «Пайсис-7» и «Пайсис-11», а в Финляндии – «Мир-1» и «Мир-2».

Последними российскими обитаемыми подводными аппаратами стали «Русь» (спущен на воду в 1999 г.) и «Консул» (спущен на воду в 2009 г.). Оба проекта были выполнены Санкт-Петербургским морским бюро машиностроения (СПМБМ) «Малахит» и строились на «Адмиралтейских верфях».

Затянувшаяся на много лет пауза в создании обитаемых аппаратов была связана с общей неблагоприятной ситуацией в российском судостроении, в том числе в области проектирова-

РОССИЯ ВОЗВРАЩАЕТСЯ В ОКЕАН

**ЗАО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840**

ния и постройки судов обеспечения. Возобновление строительства свидетельствовало о возвращении к здравому смыслу, к пониманию того, что без вспомогательных сил флот не сможет выполнять стоящие перед ним задачи.

Для всех, кому не безразлична судьба флота, радостным известием стало сообщение о том, что после модернизации, достройки и успешных испытаний «Консул» в 2011 г. принят в состав флота.

В создании его кроме уже упомянутого СПМБМ «Малахит» и «Адмиралтейских верфей» участвовали многие предприятия, в том числе НИИ «Прометей», НПО «Винт», НПО «Аврора», ОАО «Океанприбор», НИИ Гидросвязи «Штиль», ФГУП «Южморгеология», ЗАО «Морские навигационные системы» (ЗАО «МНС») и др. Наш корреспондент встретился с представителем ЗАО «МНС» – директором проектно-конструкторского департамента Павлом Федоровым, чтобы подробнее узнать о строительстве, оснащении и испытаниях «Консула» и о вкладе компании в создание этого аппарата.

– Не могли бы вы познакомить читателей с историей создания «Консула»?

– История действительно интересная, во многом отражающая процессы, происходившие в российском судостроении в последние десятилетия. В 1987 г. разработка проекта была поручена СПМБМ «Малахит», который до этого уже спроектировал аппарат «Русь». «Консул» и «Русь» внешне очень похожи, однако новый заказ предполагал глубокую модернизацию. В то время «Консул» предназначался для Министерства геологии СССР, впоследствии – Министерства природных ресурсов.

Строительство шло на «Адмиралтейских верфях». Но из-за недостаточного финансирования было решено передать опеку над этими проектами ВМФ, и в 2007 г. «Русь» после успешных испытаний была введена в эксплуатацию. После передачи аппаратов Главному управлению глубоководных исследований (ГУГИ) МО РФ возобновилась работа и по «Консулу». Модернизация проекта потребовала огромных усилий от всех организаций, принимавших участие в его строительстве.

– Насколько мы знаем, ЗАО «МНС» до этого успешно разрабатывало и основательно интегрированными системами надводные корабли и суда, но подводными аппаратами не занималось.

– Это так. Но опыт, приобретенный нашей компанией за многие годы, оказался полезным и востребованным при реализации этого нового для нас направления. Должен сказать, что ЗАО «МНС» вообще свойственна быстрая реакция на новые запросы и потребности гражданского и военного судостроения.

– И все же, как именно ЗАО «МНС» вошло в этот уникальный проект?

– В 2007 г. было выдано техническое задание «Адмиралтейским верфям», те привлекли к работе СПМБМ «Малахит», а «Малахит», в свою очередь, контрагентов. В их числе была и наша фирма, поскольку «Малахит» уже был знаком с нашими эскизными проектами, выполненными в инициативном порядке. Сроки выполнения работ были определены очень жестко, и, тем не менее, мы справились с заданием, защитили технический проект, приступили к разработке документации и изготовлению комплекта оборудования.

– Вы сказали, что было привлечено много организаций и каждая решала свою задачу. В чем заключались работы, которые выполняло ЗАО «МНС»?

– Нам предстояло создать навигационно-гидроакустический комплекс, включая его программное обеспечение. Как я уже говорил, здесь чрезвычайно полезным оказался опыт нашей компании по разработке интегрированных мостиковых и электронных картографических систем.

– Но одно дело ходовая рубка крупного надводного корабля и совсем другое – ограниченный объем подводного аппарата.

– Да, это стало серьезной проблемой. Для сравнения: диаметр прочной сферы «Консула» – 2,1 м, а кабины космического корабля «Союз» – 2,5 м. И там, и там экипаж состоит максимум из трех человек. Разумеется, невозможно было разместить все необходимые приборы по отдельности, следовало добиться высокой степени комплексирования. Я не зря упомянул

космический корабль, где все системы должны занимать минимум места при обеспечении возможности выполнения громадного числа функций. На обитаемом подводном аппарате – та же ситуация. И когда спускаешься в прочную сферу аппарата, по-другому начинаешь понимать значение выражения «гидрокосмос».

– *Какой путь был найден для того, чтобы разместить все необходимое оборудование?*

– Проектант аппарата СПМБМ «Малахит» потребовал минимизировать объем аппаратуры внутри обитаемой сферы. Для этого пришлось применить такие составные части комплекса, которые могли целиком разместиться вне прочного корпуса с обеспечением подключения питания и информационного канала связи. А те, что остались внутри, были встроены в компактный пульт оператора, повторяющий сферу. Чтобы добиться наилучших результатов, с самого начала проектирования была предпринята под руководством СПМБМ «Малахит» рабочая командировка для знакомства с аппаратами «Мир» и «Русь», а затем мы приняли участие в макетировании внутреннего объема аппарата.

– *Какие еще сложности возникали при размещении оборудования в объеме подводного аппарата?*

– Одним из основных вопросов были, разумеется, прочность и устойчивость забортной аппаратуры к давлению на глубине 6000 м и более. Для подтверждения выполнения этих требований ЗАО «МНС» совместно с СПМБМ «Малахит» проводили специальные испытания забортной капсулы с электронной аппаратурой на гидравлическом стенде ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова на давление, соответствующее глубине 7200 м. Также пришлось предусмотреть дублирование источников информации об основных параметрах – глубине погружения, курсе, крене и дифференте.

– *Человеку непосвященному, наверное, трудно представить себе, как два члена экипажа умудряются одновременно управлять аппаратом, отслеживать показания множества приборов, да еще и поддерживать связь с судном-носителем.*

Это действительно очень сложно даже для специально подготовленных людей. Поэтому мы нашли интересное, современное решение – голосовой интерфейс, т.е. комплекс голосом сообщает экипажу значения некоторых основных навигационных параметров. Отчасти это похоже на голосовую информацию автомобильного навигатора, хотя и гораздо сложнее. Было решено еще множество

других интереснейших инженерно-технических задач, работа над которыми оказалась непростой, но именно в ходе нее появились новые идеи и был накоплен практический опыт.

– *Думаю, читателям было бы интересно подробнее узнать, для чего именно нужен навигационно-гидроакустический комплекс.*

– Перечислю лишь самое основное: определение курса, координат места, углов качки, скорости движения и погружения, глубины погружения, отстояния от грунта, прокладка траектории движения на электронном планшете, гидролокационное освещение внешней обстановки, обеспечение звукоподводной связи и телеметрический обмен информацией с судном-носителем по акустическому каналу.

– *Действительно, комплекс достаточно сложен. Можно несколько слов о его составляющих?*

В него входят инерциальная навигационная система, доплеровский двухрежимный гидроакустический лаг, навигационный эхолот, измеритель скорости звука, измеритель глубины погружения, два гидролокатора, станция звукоподводной связи и пеленгования, а также информационно-вычислительная система, которая объединяет все приборы в один комплекс. Есть и приемник ГЛОНАСС/GPS для определения местоположения аппарата в надводном положении. Он необходим для точной фиксации места аппарата перед самым погружением и определения своего места после всплытия.

По набору аппаратуры комплекс ничем не уступает своим собратьям на больших подводных лодках, отличие в том, что все компоненты небольшого размера и обеспечивают навигацию в условиях глубоководного погружения.

В состав комплекса входит и аппаратура, размещаемая на судне-носителе. Задача этой аппаратуры – подготовка данных до спуска аппарата и обмен данными с аппаратом во время погружения, отображение его места на карте, прием и передача телеметрических сообщений, а также просмотр накопленной информации после того, как аппарат поднят на борт судна-носителя.

– *Обитаемые глубоководные аппараты – изделия очень дорогие. Сейчас широко используются более дешевые дистанционно управляемые, имеющие практически те же функции. Вытеснят ли они подводные аппараты с гидронавтами на борту?*

– Думаю, в обозримом будущем этого не произойдет. Обитаемые и необитаемые подводные аппараты дополня-

ют друг друга. В определенных случаях никакая автоматика не может заменить человека с его способностью оценивать ситуацию и принимать решения, иногда даже нестандартные.

– *Расскажите, пожалуйста, о том, как испытывали «Консул».*

– Обитаемый подводный аппарат при всей своей уникальности все равно остается кораблем и испытывается, как и другие корабли, но, разумеется, с учетом специфики. ЗАО «МНС» вместе с организациями, привлеченными к созданию «Консула», участвовало в испытаниях на всех этапах, причем зачастую программы и методики приходилось оперативно корректировать. Это естественно, поскольку подобные изделия не являются серийными. Сначала прошли стапельные испытания, потом испытания в заводском бассейне, где мы проверяли работу нашего навигационно-гидроакустического комплекса.

– *Экипаж «Консула» осваивал новую технику в ходе испытаний?*

– Об этом я хотел бы рассказать подробнее. Дело в том, что каким бы замечательным ни был проект, каким бы совершенным ни был комплекс, но конечную оценку все равно дают те, кто будет все это оборудование эксплуатировать. В нашем случае – гидронавты. Их участие, начиная с самых первых этапов испытаний, трудно переоценить. У нас и у представителей других организаций с самого начала сложились великолепные отношения с экипажем. Он помог нам проверять правильность наших технических решений, мы объясняли принципы функционирования комплекса, а гидронавты вносили свои рекомендации, делали замечания. Совместная работа обогатила нас всех. Пользуясь случаем, я хотел бы поблагодарить экипаж аппарата от лица всех сотрудников ЗАО «МНС» за ценные предложения, тщательную и всестороннюю проверку нашей аппаратуры, проявленное терпение и настоящее морское товарищество.

– *А как проходили испытания в море?*

– Работа была напряженной, но к тому времени вокруг «Консула» сложился дружный рабочий коллектив из различных организаций, объединенный одной целью – создать современный аппарат для работы в глубинах Мирового океана. Не было никаких межведомственных трений, все помогали друг другу, чем могли, причем, помогали, не дожидаясь, когда об этом попросят.

– *Первые погружения проходили на Балтике?*

– Да, ведь перед тем, как испытывать аппарат на максимальное погружение,



Сдаточная команда в Атлантике

нужно было опробовать его на сравнительно небольших глубинах. Здесь был проведен основной объем испытаний, выявлены и устранены все замечания, выполнены рекомендации заказчиков.

– А потом поход к Азорским островам, где проходили глубоководные испытания?

ружении на глубину не менее 6000 м. Это означало, что район с меньшими глубинами не подходит, но и значительное превышение глубины могло стать опасным при возникновении нештатной ситуации. Однако все прошло хорошо, аппарат успешно погрузился на глубину 6270 м.

екта, известен – аппарат принят на вооружение флота. Что касается нашей фирмы, то мы получили уникальный опыт оснащения глубоководных обитаемых аппаратов навигационно-гидроакустическими средствами, начиная с этапов проектирования, испытаний и кончая сдачей оборудования заказчику.

Хотел бы еще отметить, что в процессе работы проявилась преемственность поколений. В нашей компании работают замечательные специалисты, которые стояли, можно сказать, у истоков создания подобных аппаратов. И теперь они передают свой опыт и знания более молодому поколению сотрудников. Безусловно, сделанное – результат работы всего коллектива специалистов ЗАО «МНС», конструкторов, программистов, инженеров, ответственных сдачиков. Все внесли свой вклад в общий результат.

– Аппарат поступил на вооружение, означает ли это, что его предполагают использовать лишь в интересах МО РФ?

– Это вопрос государственного уровня. Мы считаем, что аппарат «Консул» может быть использован для решения



Перед погружением

– Район Азорских островов выбирал заказчик, исходя из навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий. Задача состояла в пог-

– Как вы рассматриваете итоги работы ЗАО «МНС» по этой теме?

– Итог усилий всех организаций, вовлеченных в реализацию этого про-

различных задач, в том числе и для геолого-геофизических исследований, что актуально в свете утверждения прав России на арктический шельф. ■

Развитие сложных интегрированных и высокоэффективных систем для транспортной индустрии в 2011 г. в России получило несколько новых векторов. Государственные и межгосударственные вопросы обеспечения судо-вождения по внутренним водным путям, рост значимости возобновления судоходства в Арктике и возрождение в новом качестве Северного морского пути, необходимость повышения безопасности добычи углеводородов на шельфовых месторождениях, усиление внимания к качеству профтехобразования – лишь часть тем, с новой силой актуализированных в минувшем году.

«Транзас» – крупнейший в России и один из самых известных в мире разработчик, производитель и поставщик широкого спектра бортовой электроники, морских и авиационных тренажеров и иной инновационной продукции гражданского, военного и двойного назначения – реализовал в русле сказанного несколько крупных проектов, заключив одновременно ряд системных соглашений, призванных вывести работу компании на новый уровень.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПОЗИЦИЙ

Важным этапом стало подписание соглашения о создании совместного предприятия с ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОАО «ОСК»). Церемония его подписания прошла в рамках Международного военно-морского салона (МВМС), проведенного в 2011 г. в Петербурге. Предметом сотрудничества в рамках соглашения стало внедрение новых технологий и оснащение судов, кораблей и морских объектов, строящихся на верфях ОАО «ОСК», интегрированными системами навигации, автоматизации, управления движением, обмена информацией при участии как в российских, так и в международных проектах.

Предваряя мероприятие, Роман Троценко прокомментировал это событие: «Транзас» – один из лучших холдингов в мире в своей области... Мы достаточно давно выступаем в качестве партнера в различных проектах. Ранее между нашими компаниями уже было подписано соглашение о сотрудничестве. Созданием совместного предприятия мы решили сосредоточить общие компетенции».

Прошедший МВМС стал, как и ранее, важным плацдармом для представления последних разработок компании: компонентов интегрированных бортовых, береговых, тренажерных, тактических комплексов и систем принятия решений в едином информационном пространстве.

Не менее важной площадкой стала XX Международная выставка по судостроению, судоходству и освоению океана и шельфа «Нева–2011». Имен-

«ТРАНЗАС» В 2011 г.: РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ВПК – НОВЫЕ МОРСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРОНИКА

ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131

но здесь была представлена целая линейка бортовой аппаратуры, обеспечивающей высокий уровень безопасности навигации по внутренним водным путям. Первым блоком решений стали сертифицированные летом–осенью 2011 г. Российским Речным Регистром электронно-картографические системы (ЭКС) класса «А» и «В»: ЭКС линейки «Нэви ТРЭКС» и ЭКС «Тальвег». Также в пакете «Транзас» есть многофункциональная система СОЭНКИ/ЭКНИС, выведенная на рынок ранее.

В числе новых для речной отрасли задач – отображение электронных навигационных карт и информации, планирование и мониторинг маршрута, слежение за окружающими судно объектами, сигнализация, интеграция навигационного оборудования, установленного на борту, архивация и восстановление записи навигационной информации, что крайне важно для разбора чрезвычайных ситуаций.

Экспозиция «Транзас» на выставке «Нева–2011» в основном была посвящена разработкам в нефтегазовой отрасли и в сфере морской безопасности. Ключевым «компонентом» стенда стали последние разработки «Транзас», обеспечивающие интеграцию и повышение эффективности ключевых процессов нефтегазового сектора: добычи и транспортировки. Речь идет как о комплексных бортовых навигационных системах для судов и полупогружных плавучих буровых установок, добывающих платформ, так и о комплексных тренажерах, обучающих персонал этих объектов безопасной и эффективной работе.

3D-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

3D-технологии для обеспечения безопасности уверенно занимают новые ниши. «Транзас» представил на рынок усовершенствованный вариант модуля трехмерной визуализации обстановки в районе действия системы обзора акватории. Этот продукт обеспечивает полномасштабное трехмерное представление навигационной ситуации в районе действия СУДС в реальном масштабе времени.

«3D-паспорт атомной станции» для ОАО «Концерн «Росэнергоатом» разработала и установила компания «Транзас» минувшим летом. Центр визуаль-

ного прототипирования, где установлена система, представляет собой комплекс технических и программных средств, предназначенных для создания 3D-визуализации проектных и конструкторских моделей АЭС. В результате использования ПАК производства «Транзас» ожидается общее сокращение сроков реализации проектов за счет более быстрой и точной оценки решений. Центр также может использоваться для принятия решений в кризисных ситуациях.

КОРАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ТРЕНАЖЕРЫ И МОРСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Навигационно-тактический комплекс «Тримс-22460» поставлен на корабль береговой охраны «Бриллиант». НТК «Тримс-22460» обеспечивает автоматизацию процессов судо-вождения, управления кораблем и тактической группой, освещения обстановки и обеспечения безопасности мореплавания и включает в себя четыре контура: управление движением, контур связи, навигационный контур, тактический контур. Основная особенность комплекса – его функциональная интеграция рабочих мест ходовой рубки и серийно поставляемого комплектующего оборудования, программно-аппаратная и конструктивная интеграция и унификация различных подсистем, координированное (джойстиковое) управление движением в режимах маневрирования и удержания корабля.



Следующим шагом в развитие НТК компания «Транзас» считает переход на новое поколение интегрированных систем управления кораблем (ИСУК). Такой заказ «Транзас» должен выполнить для головного корабля пр. 22100. Существенными отличиями ИСУК являются наличие единой вычислительной среды для информационных и управляющих контуров, единых баз навигационных,

информационных (параметрических и видеоданных), картографических, отчетных данных, создание замкнутых контуров управления, поддержки и принятия решений по сквозным алгоритмам, обеспечивающим высокое быстродействие и достоверность, глубокая интеграция источников информации в единую информационную сеть. Для ИСУК характерны открытая архитектура на стадии ее формирования и выход в сетевые технологии управления силами и средствами.

В 2011 г. ВМС Вьетнама пополнились двумя современными фрегатами типа «Гепард-3.9». С целью подготовки экипажей для этих кораблей во Вьетнаме был установлен *комплексный тренажер «Лагуна-11661»*, который был разработан и поставлен компанией ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт», входящей в Группу компаний «Транзас». Уникальность «Лагуны» состоит в возможности проводить на нем любые виды подготовки: теоретические и практические занятия, групповые и комплексные тренировки, контрольные и зачетные учения, отработку организационной и боевой слаженности экипажей. В тренажере имеются программные и аппаратные модели всех видов корабельных объектов управления и систем, надводной обстановки и гидро- и метеоусловий, что позволяет комплексно обрабатывать взаимодействие корабельной вахты при различных видах боевой готовности, в том числе решать аварийные задачи поврежденного корабля, а также вести индивидуальную отработку и обучение отдельных боевых расчетов.

В период 2007–2009 гг. компанией «Транзас» была разработана *автоматизированная система обеспечения ВМФ цифровой картографической информацией (АСО ВМФ ЦКИ)*, обеспечивающая централизованный учет, хранение, тиражирование цифровой картографической информации и доведение ее по запросам потребителей до кораблей, частей и подразделений ВМФ.

В рамках развертывания АСО ВМФ ЦКИ на объектах ВМФ в 2011 г. были выполнены следующие работы:

- установлен и введен в эксплуатацию унифицированный комплекс средств автоматизации (УКСА) Главного центра автоматизированной системы обеспечения ВМФ цифровой картографической информацией (ГЦО) на территории 280 центра картографического производства;
- начаты формирование и загрузка электронного картографического фонда в хранилища ГЦО;
- изготовлены и поставлены на объекты ВМФ серийные комплексы средств автоматизации двух региональных центров (РЦО) АСО ЦКИ ВМФ и десяти комплексов средств автоматиза-

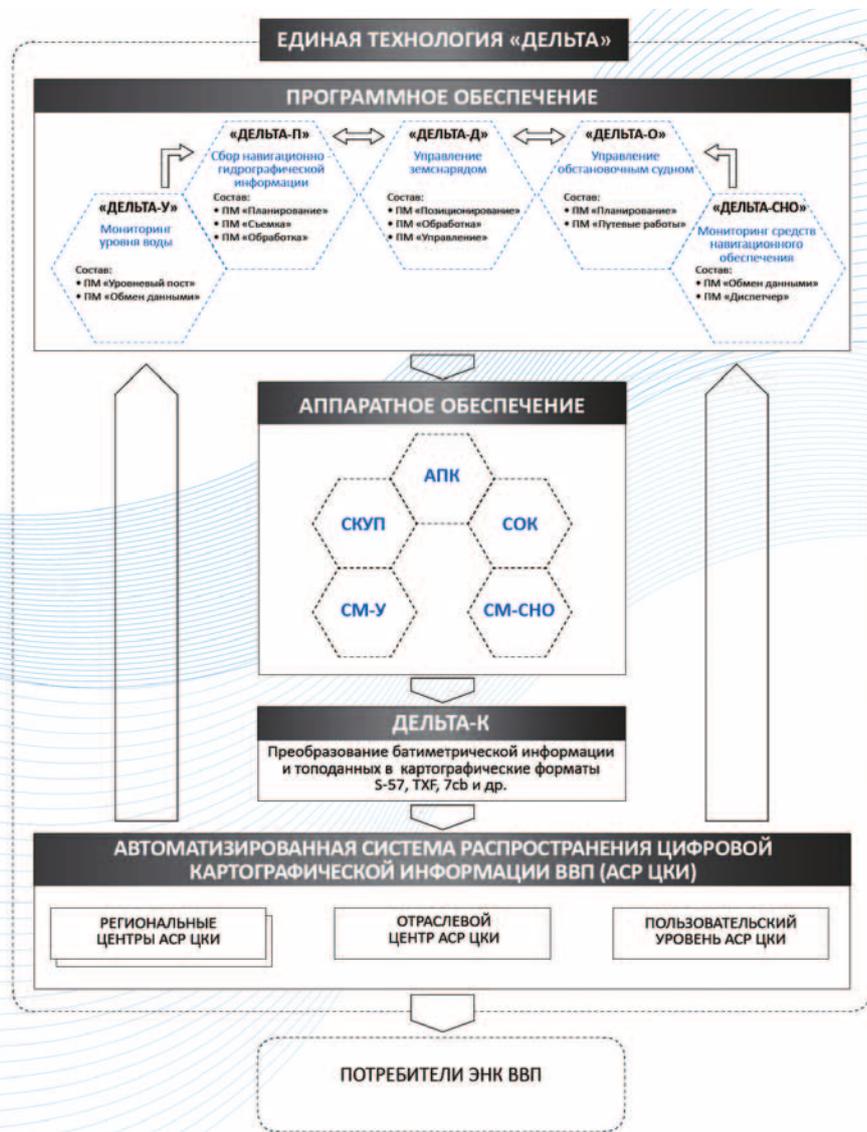
ции пользователя (КСАП) в различных вариантах исполнения.

Традиционная для «Транзаса» сфера морского навигационного оборудования развивается стабильно. В 2011 г. компания приступила к оснащению *радионавигационным оборудованием, внутрисудовой связью, метеорологическим оборудованием, системой мониторинга ледовых нагрузок на корпус, контейнерными лабораториями и научным оборудованием* спущенного на воду нового научно-экспедиционного судна ледового класса «Академик Трешников». Судно предназначено для участия в Российской антарктической экспедиции.

флота крупной иностранной судоходной компании «Bernhard Schulte Shipmanagement» *системами ЭКНИС*.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПО ФЦП «ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ» (ГЛОНАСС)

Прежде всего необходимо отметить, что в рамках ОКР «Карта-река» разработана и внедрена *технология «Дельта» производства русловых изысканий, путевых работ, составления (корректиры) и распространения электронных навигационных карт (ЭНК) внутренних водных путей (ВВП)* (на рисунке).



Компания «Транзас» также установит ЭКНИС собственного производства на судах компании «Новошип», входящей в ГК «Совкомфлот». На танкерах-продуктовозах «NS Pride», «NS Spirit», «NS Power», «NS Stream» будут установлены *двойные комплекты электронно-картографических навигационных информационных систем МФД Navi-Sailor 4000*.

Кроме того, «Транзас» получил престижный заказ на переоснащение

В основу технологии «Дельта» положено унифицированное программное обеспечение, позволяющее выполнять:

- сбор навигационной информации (планирование съемок, проведение съемок рельефа дна, обработка результатов с отображением в виде планшетов и отработанных ЭНК с нанесенным судовым ходом, подводных и донных объектов);
- оцифровку ретроспективных данных, топографической съемки берего-

вой полосы, космической съемки сверхвысокого разрешения и создание ортофотопланов с нанесением надводных и береговых объектов в пределах 150 м береговой полосы;

- проектирование путевых работ, расстановку и контроль местоположения плавучего навигационного ограждения;
- определение и учет фактического уровня рек;
- мониторинг плавучих и стационарных информационных и предостерегающих знаков, средств навигационного оборудования и ограждения;
- трассирование и составление планов землечерпальных прорезей, управление позиционированием и движением земснарядов различного типа на прорези;
- создание, верификацию и камеральную проверку ЭНК ВВП;
- заказ и распространение ЭНК конечным пользователям;
- биллинговую систему.

Технология «Дельта» покрывается разработанными и внедренными судовыми технологическим промерными и промерно-изыскательскими комплексами АПК/АПИК (три типа), обстановочными комплексами СОК (шесть типов), системами мониторинга уровня рек СМ-У и средств навигационного ограждения СМ – СНО, системами координированного управления позиционированием земснарядов на прорези СКУП (пять типов), которые построены на унифицированной элементной и конструктивной базе и совместимом программном обеспечении. Всего поставлено и установлено на судах и объектах ГБУ 120 образцов таких комплексов.

Ядром технологии является трехуровневая иерархическая *автоматизированная система распространения цифровой картографической информа-*

ции (АСР ЦКИ), которая обеспечивает непрерывное поддержание технологии в замкнутом контуре функционирования, так как судовые технологические комплексы представляют собой также потребителей ЭНК. Замкнутость технологии «Дельта» поддерживается типовыми стандартными интерфейсами и протоколами, УКВ- и Интернет-каналами обмена.

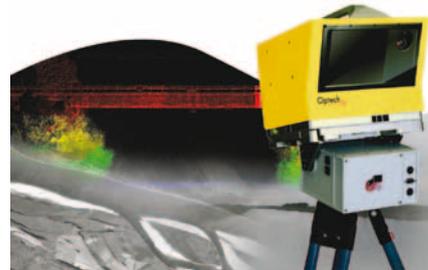
Все перечисленные программно-аппаратные средства используются бассейновыми управлениями по прямому назначению, а АСР ЦКИ прошла опытную эксплуатацию в ГБУ «ВолгоБалт», «Севводпуть», «Печорское ГБУВПиС». (они имеют литеру «О1»). Производство «Транзаса» их серийно изготавливает.

Гидрографические работы проведены на 40 213 км, космосъемка – на 118 000 км², а база данных ЭНК и их покрытие составляет 40 213 км водных путей, что полностью охватывает единую глубоководную систему России.

Для поддержания технологии «Дельта» в работоспособном состоянии разработано с участием специалистов бассейновых управлений 37 проектов стандартов и руководящих документов, подготовлено 402 специалиста ГБУ (обучено технологии работ, правилам эксплуатации и обслуживанию технологического оборудования). Для расширения и повышения эффективности подготовки разработан простой *однокомпьютерный тренажер проведения гидрографических работ*.

Впервые в 2011 г. проведено *мобильное лазерное сканирование Северо-Двинской шлюзовой системы* протяженностью 20 км и показана возможность совмещения картографической системы с трехмерными объектами местности и топографическими планами, что особен-

но важно для навигационно сложных и опасных участков водных путей. Кроме того, наличие 3D-моделей местности позволяет прогнозировать разливы и зоны затопления.

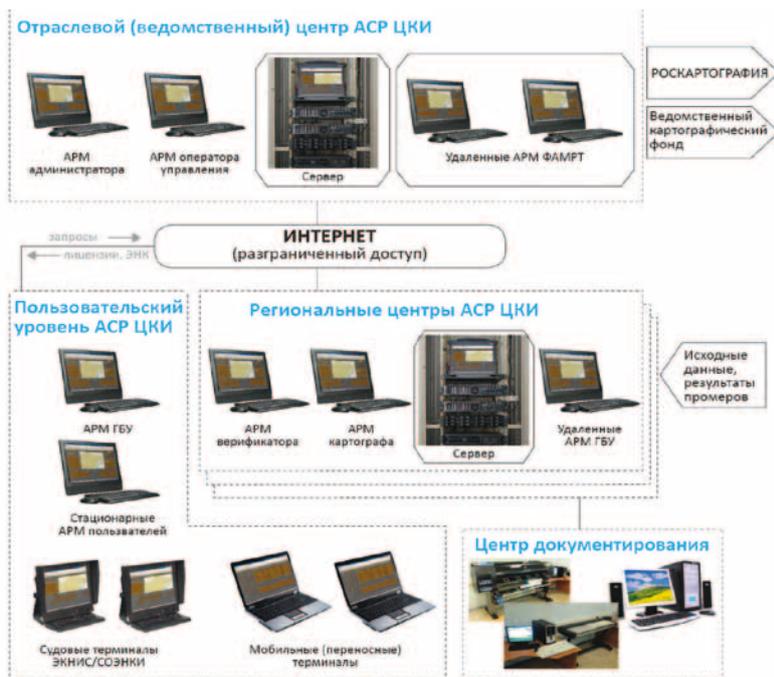


Для навигационного и гидрографического обеспечения Дальневосточного региона компанией «Транзас» поставлено *оборудование контрольно-корректирующих станций (ККС)* на мысе Елизавета о. Сахалин, на подходах к портам Анадырь и Магадан, на Курилах – в пос. Северо-Курильск и на о. Ван-дер-Линда. Кроме того, для оснащения Северного морского пути на о. Каменка в Арктике будет установлена полноразмерная ККС.



Использование дифференциального режима глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС обеспечит пользователей надежным, экономичным и высокоточным средством определения местоположения и навигации вне зависимости от погодных условий и времени суток.

В рамках оснащения подведомственных Минтрансу РФ бассейновых управлений *изготовлены и поставлены различные исполнения автоматических идентификационных систем (АИС)*, в частности, транспондеры АИС класса А типа «Транзас Т-104» (18 комплектов), транспондеры АИС класса В типа «Транзас Т600-01SO» (184 комплекта), базовые станции АИС радиотехнического и диспетчерского постов типа «Транзас Т-214» (11 комплектов), приемники АИС типа «Транзас Т-55» (102 комплекта и) и носимые транспондеры автоматической идентификационной системы лоцманов АИС-лоцман (57 комплектов).



Лоцманские комплексы предназначены для использования государственными лоцманскими службами, занимающимися проводками судов в морских и речных портах, и являются эффективным средством навигации, обеспечивающим безопасность лоцманской проводки путем оперативного представления достоверной информации о маневрах судна в режиме реального времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПО ЦФП «РАЗВИТИЕ ГРАЖДАНСКОЙ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ»

Работы велись в двух направлениях: создание специализированных тренажеров для нефтегазовых объектов и разработка базовых и опытных образцов систем управления и комплексов для различного класса судов.

Работы по первому направлению выполнялись при научно-методическом руководстве ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова», в результате которых были созданы опытные образцы трех типов тренажеров:

– «Тренажер-универсал» для подготовки специалистов и отработки их навыков при работах на морских арктических комплексах по выполнению буксировочных операций, их проведению, позиционированию и установке нефтегазодобывающих платформ на месте дальнейшей эксплуатации. Пост управления крановым оборудованием из состава этого тренажера показан на рисунке;



– «Тренажер-взаимодействие» для подготовки специалистов судового состава танкеров ледового класса и обслуживающих ледокольных судов и отработка их навыков при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на чистой воде и во льдах; на рисунке – полномасштабный учебный мостик такого танкера;



– тренажер «Тренажер-добыча» для разработки технологии создания средств

подготовки персонала перспективных морских нефтегазовых платформ по отработке операций обеспечения добычи углеводородов на Арктическом шельфе». Практическим результатом данной работы является тренажер поста управления стационарной добывающей установки морского базирования FPSO/FPU.

В ходе работ по второму направлению были разработаны и изготовлены:

– совместно с с ОАО «ЦНИИ «Курс» концепция е-навигации и макет взаимодействия бортового и берегового сегментов е-навигации при комплексном использовании цифровых информационных технологий в отечественной судовой аппаратуре и береговых комплексах для обеспечения безопасности судоходства;

– для систем управления движением морских судов различного назначения ОАО «Концерн «НПО «Аврора» – базовый интегрированный навигационно-измерительный комплекс, который позволяет объединить разнородные сообщения и проводить выборку достоверной информации по данным магнитного и гирокомпасов, радиолокационных станций, систем автоматизированной прокладки маршрута движения, электронных картографических навигационных систем, спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС, интегрированных навигационных систем, радионавигационных системы, гидроакустических систем позиционирования, эхолотов, лагов и др.;

– для судовых навигационных радаров ОАО «КБ «Аметист» унифицированный пульт управления, отвечающий требованиям международного стандарта IEC 62388, а также требованиям Правил по оборудованию морских судов Российского Морского Регистра судоходства, вступивших в силу с января 2010 г., и Резолюций ИМО MSC.192(79). Изготовлены и испытаны опытные образцы унифицированных пультов управления судовых РЛС в трех вариантах исполнения: для судов валовой вместимостью до 500 рег.т, от 500 до 10 00 рег.т и более 10 000 рег.т;

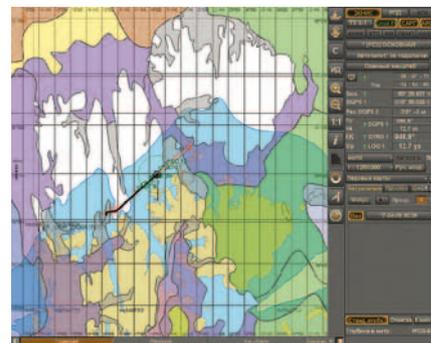
– базовый образец судовой интегрированной мостиковой системы (ИМС) класса автоматизации 2 и 1 на базе отечественного оборудования как интегратора верхнего уровня. В состав ИМС впервые введены: сервер постобработки навигационных данных, коммуникационный сервер, сервер обработки распределенной навигационной информации, сервер интегрированной навигационной системы, судовых электронных журналов, базы данных навигационной информации, панели виртуальных навигационных приборов и подсистема контроля состояния технических средств АРМ с их взаимосвязями;

– в кооперации с ОАО «Концерн «Электроприбор» базовые образцы ин-

тегрированной автоматизированной мостиковой системы, оборудования навигации, управления движением и связи ориентированный для судов арктического плавания. В этих работах решены две новые задачи. Первая связана с процессами управления, контролем взлета и посадки вертолетами, информационного взаимодействия с системой управления полетами и отображения общей обстановки в районе полета.



Вторая задача связана прежде всего с запросом ледовых карт и их отображением, в том числе в среде ЭКНИС, работой ЭКНИС в полярных координатах (переход к азимутальной проекции в высоких широтах (выше 80-й параллели) с соответствующим созданием картографической библиотеки, работающей в меркаторной и азимутальной проекциях, плавание в сложной ледовой обстановке.



Перечисленные проекты – лишь часть работ, выполненных в 2011 г. «Прошедший, 2011-й, был для компании очень насыщенным, ярким. Я связываю с ним открытие нового и интересного этапа в истории нашей компании», – комментирует итоги года президент Группы компаний «Транзас» Николай Лебедев. – Сделан огромный зачин, в минувшем году в капитал группы компаний вошел крупный и уважаемый инвестор – Группа компаний «Промышленные инвесторы». Во время церемонии подписания соглашения Николай Лебедев заявил: «Для нас объединение усилий с Группой «Промышленные инвесторы», использование международного опыта и финансовых возможностей новых партнеров означает качественный прорыв в достижении позиций мирового лидера в областях, сегодня достаточно развитых только на российском рынке». ■

Своевременность включения в работу средств пожаротушения на кораблях во многом зависит от свойств датчиков предпожарной и пожарной ситуации, которые формируют *комплексный мониторинг охраняемых помещений, т.е. анализ уровня и функций, решаемых извещателями*. Анализ свойств извещателей, которые благодаря своим качествам и техническим показателям рекомендуются в состав измерительной системы при управлении пожаробезопасности корабля, базируется на схеме выбора пожароопасных факторов в корабельном отсеке (рис. 1).

В системах противопожарной сигнализации и пожаротушения используются:

- 1) тепловые извещатели, основанные на использовании тепловых свойств газов, веществ и явлений;
- 2) дымовые извещатели:
 - оптоэлектронные, на основе инфракрасных диодов или фотодиодов;
 - использующие ионизированный принцип обнаружения (источники слабого радиоактивного излучения 0,9 мкКюри);
- 3) извещатели пламени, ультрафиолетовые и инфракрасные;
- 4) комбинированные, совмещение теплового и дымового излучения;
- 5) аспирационные, с прокачкой воздуха через специальную камеру;
- 6) газового анализа, с контролем химического состава воздуха;
- 7) Тепловизионные, для дистанционного контроля распределения температуры;
- 8) Пожарные, для взрывозащиты взрывоопасных помещений (искробезопасные пожарные извещатели, радиоизотопные извещатели).

АНАЛИЗ НОМЕНКЛАТУРЫ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ ОБЪЕКТОВ ВМФ, КАК ОСНОВЫ ИХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.В. Третьяков, начальник отдела ЦКБ МТ «Рубин»,
В.А. Колесник, д-р техн. наук, проф., зам. генерального директора,
В.А. Солонько, канд. техн. наук, председатель Совета директоров,
 ЗАО «НПО «Севзапспецавтоматика»,
 контакт. тел. +7 921 341 8771

Тепловые извещатели. Принцип их работы основан на использовании тепловых свойств газов, жидкостей, металлов и полупроводников, а также явлений термоэлектричества. В качестве чувствительных элементов таких извещателей служат легкоплавкие сплавы, биметаллические пластины, терморезисторы и термотранзисторы.

Существуют тепловые пожарные извещатели, основанные на принципе *максимального измерения тепла*.

Тепловые пожарные извещатели, работающие согласно этому принципу,

постоянно измеряют абсолютное значение внешней температуры с помощью чувствительного элемента, в качестве которого могут использоваться термистор, плавкая перемычка, биметаллическая пластина или элемент, работающий на принципе расширения жидкости. Если температура в контролируемом помещении превышает заданное пороговое значение, которое устанавливается заранее, то соответствующий сигнал с чувствительного элемента фиксируется и оценивается блоком обработки сигнала для принятия решения о выдаче тревожного сигнала.



Рис. 1. К определению номенклатуры извещателей для информационного обеспечения управлением пожаробезопасностью корабля в зависимости от пожароопасных факторов в корабельном отсеке

Есть также *тепловые пожарные извещатели, работающие согласно принципу дифференциального измерения тепла*. Они подходят для обнаружения всех типов пожаров с открытым пламенем, так как точно оценивают резкое увеличение температуры независимо от ее начального значения.

Дымовые извещатели. *Оптический дымовой извещатель* использует оптический эффект рассеяния инфракрасного излучения на частицах дыма.

В *фотоэлектрических извещателях* использован эффект поглощения и отражения лучистой энергии частицами дыма, что приводит к изменению состояния оптической плотности воздушной среды.

Дымовой пожарный извещатель основан на принципе рассеивания света. При этом все компоненты системы обнаружения размещены в измерительной камере извещателя таким образом, что свет от источника не может непосредственно достигать приемника. Если частицы дыма присутствуют в оптическом канале измерительной камеры, часть рассеянного света достигает приемника и вызывает увеличение сигнала, которое фиксируется и оценивается блоком обработки сигнала.

Решающее влияние на изменение сигнала оказывают плотность дыма и оптические характеристики дымовых частиц. Крупные дымовые частицы имеют значительно большую способность рассеивать свет, чем небольшие частицы. К тому же интенсивность рассеивания уменьшается в зависимости от отношения размера частицы к используемой длине волны. Таким образом, для данного принципа обнаружения размеры дымовых частиц имеют решающее значение.

Кроме дымовых извещателей с оптическим принципом обнаружения аэрозоли существуют *извещатели с ионизированным принципом обнаружения*. Оба типа обнаружения одинаково эффективны, хотя для некоторых

разновидностей составов аэрозоля эффективнее один из них (табл. 1).

Ионизационный дымовой извещатель содержит источник слабого радиоактивного излучения (чаще всего используется америций-241) со сверхнизким уровнем – порядка 0,9 мкКюри (ниже фонового излучения).

Ионизационный (радиоизотопный) и фотоэлектрический с полупроводниковым излучателем извещатели имеют примерно одинаковые рабочие характеристики. Некоторое различие заключается в том, что первый извещатель более чувствителен к продуктам горения, состоящим из мелких частиц аэрозолей, а второй – к продуктам горения, состоящим из укрупненных частиц аэрозолей. Фотоэлектрические извещатели лучше реагируют на светлые дымы, присущие целлюлозо-содержащим материалам при тлении в начальной стадии развития очага горения. Примерно одинаковая чувствительность указанных извещателей наблюдается для аэрозолей с размером частиц 0,35–0,45 мкм.

Извещатели пламени. Открытый факел пламени содержит характерное излучение как в ультрафиолетовой, так и в инфракрасной частях спектра. Соответственно, существует два типа этих устройств: ультрафиолетовые и инфракрасные.

Ультрафиолетовый извещатель пламени с помощью высоковольтного газоразрядного индикатора постоянно контролирует мощность излучения в спектральном диапазоне 220–280 мкм. При появлении возгорания резко повышается интенсивность разрядов между электродами индикатора, что и фиксируется при превышении порога излучателем. Один такой извещатель может контролировать до 200 м² поверхности при высоте установки до 20 м. Инерционность его срабатывания не превышает пяти секунд.

Инфракрасный извещатель пламени с помощью ИК-чувствительного элемента и оптической фокусирующей

системы регистрирует характерные всплески ИК-излучения при появлении открытого пламени. Этот прибор позволяет определять в течение трех секунд наличие пламени размером от 10 см на расстоянии до 20 м при угле обзора 90°.

Данный принцип построения извещателей пламени является доминирующим. Работа всех извещателей, установленных на кораблях, основана на этом принципе: «Краб-М» и «Кристалл-М» (ОАО «Завод «КРИЗО»), «Касатка», АПЗ -028 и «Взрыв» (НПФ «Меридиан»).

Комбинированные извещатели. Для контроля защищаемого помещения в комбинированном пожарном извещателе используется как дымовой, так и тепловой принципы обнаружения. Измерение оптической плотности дыма основано на принципе рассеивания света. Чувствительная система для измерения температуры окружающего воздуха может основываться на принципе максимального или дифференциального измерения тепла. Сигналы, вырабатываемые тепловым и дымовым чувствительными элементами, служат критериями для принятия решения о выдаче тревожного сигнала извещателем.

Встречаются различные варианты сочетания датчиков в одном извещателе, например, температурный и оптический дымовой или дымовой оптический и дымовой ионизационный, или два температурных, но построенных на различных принципах регистрации температуры.

Некоторые производители выпускают и так называемые *трехмерные комбинированные извещатели*, в которых в одном корпусе объединены дымовой оптический, дымовой ионизационный и тепловой принцип обнаружения. Однако случаи использования подобных устройств весьма редки.

Аспирационные извещатели. В настоящее время для обнаружения пожара применяется целый ряд различных типов датчиков, действие которых основано на фиксировании на защищаемой площади опасных факторов пожара: наличия дыма в его различных проявлениях, повышения температуры до критической величины, открытого пламенного горения и проч.

Все эти извещатели «пассивно» сканируют защищаемую площадь. Пожарные датчики находятся фактически в состоянии ожидания, когда дым, температура, пламя сами окажутся в области их обнаружения; дым попадет в оптическую камеру дымового извещателя, повышение температуры произойдет в зоне установки теплового/термодифференциального датчи-

Наиболее эффективные принципы обнаружения дыма при горении различных материалов

Таблица 1

Вещество	Способ обнаружения	
	Ионизационный	Оптический
Открытое горение древесины	+	-
Тление древесины	-	+
Тление хлопка	+	+
Открытое горение пластмассы	+	+
Горение жидкости с выделением сажи	-	+
Горение керосина	+	-

ка и т.д. Иногда по объективным причинам обнаружение пожара может быть затруднено, например, наличие активного кондиционирования воздуха в помещении создает ситуацию, при которой дым, выделяющийся на начальной стадии развития пожара, вообще не сможет достигнуть установленных на потолке пожарных датчиков. Сложная конфигурация размещения оборудования и материалов может привести к катастрофическому затягиванию момента обнаружения пожара в помещении из-за того, что нельзя было зафиксировать его обычными средствами и способами. В конструкции аспирационного извещателя предусмотрен вентилятор, который постоянно прокачивает воздух защищаемого помещения через специальную камеру, анализируя его на предмет содержания опасных концентраций. Аспирационные датчики непрерывно следят за общим фоном запыленности воздуха, прогнозируя и подстраивая свою работу в соответствии с текущей ситуацией.

На сегодняшний день на практике для защиты помещений и объектов от пожара применяются два основных варианта извещателей:

- аспирационные извещатели, в которых в качестве анализирующего устройства используются обычные пожарные оптикоэлектронные дымовые датчики;

- аспирационные извещатели, в которых применяются интеллектуальные системы обнаружения дыма по методу сканирующей лазерной технологии.

Основными разработчиками извещателей данного типа являются: «E5SER» (Германия), «Kide» (Великобритания), «Autkonica» (Норвегия), «Securiton» (Швейцария). В настоящее время на российском рынке появил-

ся один из самых известных в Европе производителей аспирационных датчиков – австралийская компания «Vision System», выпускающая оборудование для сверхраннего обнаружения пожара.

Сравнительные характеристики аспирационных извещателей приведены в табл. 2.

Аспирационный датчик обладает следующими возможностями:

- способен контролировать возникновение пожара на площади 2000 м². Наибольший эффект достигается в первую очередь в помещениях, в которых обнаружение зарождающегося пожара может нанести непоправимый вред дорогостоящему оборудованию и хранимой информации;

- для автокомпенсации уровня загрязнения, обеспечения оптимального функционирования при работе в различных средах, а также для устранения ложных тревог имеет программируемый режим тестирования реального уровня запыленности воздуха внутри помещения с учетом степени загрязнения датчика. При этом имеется возможность программирования промежутка такой автокомпенсации (от нескольких минут до недель);

- имеется возможность программирования порога чувствительности срабатывания по каждому из обнаруженных уровней пожарной опасности. *Первое срабатывание датчика можно запрограммировать при обнаружении дыма уже в концентрациях выше 0,005%, что значительно меньше нижнего порога срабатывания обычных дымовых извещателей (1,1%, НПБ 82–99);*

- имеется возможность задавать пороги срабатывания в зависимости от времени суток (день/ночь), дня недели (рабочий/выходной), праздничных дней;

- контролирует степень загрязненности фильтров и выдает оператору сообщения о необходимости их замены;

- осуществляет контроль засоренности дымовсасывающих отверстий с выдачей соответствующей информации на дисплей;

- программирует выдачу сигналов посредством реле с задержкой по времени;

- имеется возможность монтажа аспирационных датчиков в стандартной стойке для оптимизации рабочего места дежурного персонала;

- имеется возможность объединения нескольких аспирационных датчиков в единую сеть/сети с включением в общую систему адресно-аналоговой пожарной сигнализации. При этом программирование всех датчиков возможно с панели любого извещателя или с компьютера;

- осуществляет, как отображение событий на экране монитора (с удалением до 1000 м), так и запоминание их (в журнале событий), с выдачей подробной информации о происшедшем по запросу дежурного.

Извещатели газового анализа. Существующие традиционные пожарные извещатели (пламени, тепловые, дымовые) способны только среагировать на факт возникновения пожара. Работа таких датчиков основана на физических принципах детектирования пламени, тепловыделения или задымленности. Для того чтобы получить информацию о вероятности возникновения пожара, необходимо установить постоянный контроль за газодинамическим составом воздушной среды помещений. Такой контроль позволит принять адекватные меры по предупреждению пожара и его ликвидации на ранних стадиях развития.

Ряд газов, выделяющихся на начальной стадии горения (тления), характеризуют именно те материалы, которые участвуют в этом процессе. Однако в большинстве случаев можно уверенно выделить и основные характерные газовые компоненты.

Принцип действия *полупроводниковых газовых сенсоров* основан на изменении электропроводности полупроводникового газочувствительного слоя при химической адсорбции газов на его поверхности. Это обстоятельство позволяет эффективно использовать их в приборах пожарной сигнализации как устройства, альтернативные традиционным оптическим, тепловым и дымовым сигнализаторам, в том числе содержащим радиоактивный плутоний. А высокую чувствительность селективность, быстрдействие и дешевизну полупроводниковых газовых

Сравнительные характеристики аспирационных извещателей

Таблица 2

Характеристика	Извещатель			
	«VESDATM Laser Compact» («Vision Systems»)	«SecuriRASASD 515» («Securion»)	«ARS 70» («ESSER»)	«LRS-S 700» («ESSER»)
Габариты (Ш×В×Г), мм	225×225×85	285×360×126	285×360×126	225×225×95
Кол-во труб/направлений, шт.	1	1	1	4
Вес, кг	1,9	2,7	2,7	3,5
Кол-во фильтров	2	Нет	1	2
Температур. режим функционирования, °С	-20 ... +60	0 ... +60	0 ... +50	-10 ... +60
Питание, VDC	18 ... 30	20 ... 28	24 ... 30	18 ... 30
Технология определения дыма	Лазерная	Оптический дымовой извещатель	Оптический дымовой извещатель	Лазерная
Чувствительность, %	0,005 ... 20	Определяется пожарным извещателем	Определяется пожарным извещателем	0,005 ... 20
Макс. длина трубы в луче, м	50	60	80	4×50
Макс. защищаемая площадь (лучевой вариант), м ²	500	800	1200	1600

Конструктивные и функциональные особенности пожарных взрывозащищенных извещателей

Извещатель	Назначение	Обнаружение возгорания	Потребление тока	Работоспособность	Эксплуатационные особенности	Диапазон рабочих температур	Конструктивные особенности	Надежность	Исполнение
Тепловой максимально-дифференциальный «545 IEIS»	Обнаружение возгораний во взрывоопасных зонах (маркировка 1Exibibt4 X)	Раннее при практически нулевой вероятности ложной тревоги	Малое в дежурном режиме	Полное сохранение при несоблюдении полярности подключения			Два индикационных светодиода с углом обзора 360°; выход для выносного индикатора		Защита от несанкционированного извлечения из базы
Дымовой радиоизотопный «115 IEIS»	То же	То же	То же	То же	Отсутствие влияния запыления дымовой камеры на чувствительность извещателя; отсутствие зависимости чувствительности извещателя от «цвета» дыма;		То же	То же	
Ручной «WR2001 IS»	Формирование сигнала «Пожар» во взрывоопасных зонах (маркировка 1Exibibt4x)			Функция тестирования для проверки работоспособности	Травмобезопасность; простота и удобство в установке и эксплуатации	Широкий	Нормально-замкнутые и нормально-разомкнутые контакты	Высокая	Исключена возможность несанкционированного отключения режима «Пожар»
Ручной «WRZ2/4001 IS»	То же				Простота и удобство в установке и эксплуатации	То же	То же; наличие клеммы для «земляной» шины	То же	То же водозонепроницаемое исполнение

датчиков следует рассматривать как их основные преимущества по сравнению с другими типами пожарных извещателей.

Тепловизионные извещатели. Тепловизионная камера может быть использована в системах пожарной безопасности, охраны в ночное время и в условиях плохой видимости, для дистанционного контроля распределения температуры на поверхности тепловыделяющих объектов.

Преимущества портативной тепловизионной камеры длинноволнового: малые габариты, масса, потребляемая мощность;

- высокая чувствительность;
- полностью автоматизированное управление;
- автономное питание;
- наличие встроенного электронного видеосканера;
- герметичность и высокая ударопрочность корпуса;
- работа в широком диапазоне температур окружающей среды;
- выход стандартного ТВ-сигнала для записи изображения на видеомagneфон, работы с ПЭВМ и внешним видеоконтрольным устройством.

Выбор тех или других извещателей определяется их характеристиками: температура срабатывания, °С; скорость срабатывания, °С/мин; напряжение питания; ток потребления в дежурном режиме; допустимый ток в режиме «Пожар»; диапазон рабочих температур; помехоустойчивость; сейсмостойчивость до N баллов; вы-

Таблица 4 Характеристики извещателей

Характеристика	Извещатель			
	«545 IEIS»	«115 IEIS»	«WR 2001 IS»	«WRZ2/4001 IS»
Диапазон рабочих температур	От 0 до +50°С	От 0 до +50°С	От -30 до +70°С	От -30 до +70°С (при влажности до 100% с образованием конденсата)
Допустимый ток в режиме «ПОЖАР»	100 мА	100 мА	500 мА	5 А
Ток потребления в дежурном режиме	40 мкА	Менее 30 мкА		
Напряжение питания	15 – 28 В	Питания 15 – 28 В		
Температура срабатывания	58°С			
Скорость срабатывания	8°С/мин и более			
Помехоустойчивость	+	+		
Сейсмостойчивость	До 8 баллов	До 8 баллов		
Степень жесткости	2	2		
Высота с базой В401	60 мм (диаметр 102 мм)	43 мм (диаметр 102 мм)	Размеры: 87х87х52 мм	Размеры: 131х125х63
Вес	82 г	110 г	180 г	430 г

сота, мм; диаметр, размеры; вес; стоимость.

Конструктивные и функциональные особенности ряда пожарных искробезопасных извещателей приведены в табл. 3, а их характеристики – в табл. 4.

На основе информации, содержащейся в этих таблицах, могут быть обоснованы экспертные оценки численных значений основных свойств используемых извещателей, учитываемые при принятии решений о составе ин-

формационного шлейфа системы контроля пожарной опасности (СКПО).

Рассматриваются следующие извещатели:

- дымовой радиоизотопный «115 IEIS»;
- дымовой адресно-аналоговый оптико-электронный «225 IEIS»;
- тепловой максимально-дифференцированный «545 IEIS»;
- ручные типа «WR2001/SR IS», «WR7/2001 IS», «WRZ2/4001/С», «WR4001 IS». ■

Проблема прогнозирования опасных природных явлений, например землетрясений, приближения цунами, тайфунов, циклонов и т.д., остается чрезвычайно актуальной. Как показывает опыт, используемые человеком синоптические методы не всегда эффективны. В то же время животные (наземные и водные) заранее избегают опасности. Известно, что при приближении южноазиатского цунами от берегов ушла рыба. Это заметили местные рыбаки и спаслись. По сообщениям СМИ, почувствовали приближение цунами слоны, которые уходили на возвышенности. Известна высокая чувствительность к ожидаемым землетрясениям кошек и собак. Биологически опасные гидрометеорологические процессы (тайфуны, циклоны, морские штормы и т.д.) предчувствуют прибрежные гидробионты. Это для них жизненно важно, ибо во время таких процессов можно разбиться о скалы.

Последние сообщения СМИ (Интернет, 12.03.2011, Вести, RU) о японских трагедиях свидетельствуют, что рыбы – глубоководные (ремень-рыба) и приповерхностные (многие промысловые) – предупреждали об опасности. Глубоководные ремень-рыбы всплыли в верхние слои воды, а приповерхностные рыбы ушли от берега.

Подобных наблюдений довольно много. Известно использование японских карликовых сомиков для предсказания цунами. Сомики приходят в возбуждение накануне событий. Аналогичные реакции туркестанских сомиков также описаны. Об этом имеются сообщения в серьезной научной литературе [1, 2].

В этой связи особый интерес представляют возникающие при опасных природных процессах электромагнитные поля крайне низких частот [2]. Предполагается, что у многих гидробионтов имеется механизм восприятия подобных полей.

Максимальная дальность распространения электромагнитных полей крайне низких частот наблюдается в области 7–8 Гц. Считается, что это обусловлено свойствами резонатора области между поверхностью Земли и нижней границей ионосферы [2].

Экспериментальные данные об электрической чувствительности сомиков демонстрируют максимум именно в этой области частот (рис. 1).

Если внимательно посмотреть на приведенный рисунок, то поневоле возникает вопрос, зачем природа «наградила» этих сомиков максимумом электрочувствительности в диапазоне частот 7–8 Гц?

Но сомики не уникальны. Такие максимумы чувствительности к электромаг-

нитным полям нам удалось выявить у карповых рыб, баренцевоморских скатов, форели, длиннопалых раков и т.д. Эти совершенно разные животные, обладающие некоторым универсальным свойством.

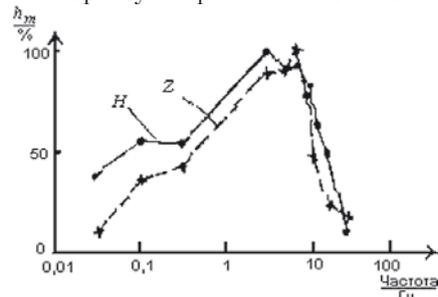


Рис. 1. Характеристики электрочувствительности сомика
H – реакция на горизонтальное электрическое поле от рецепторов левой половины тела; Z – реакция на вертикальное электрическое поле от рецепторов правой половины тела [3].

На рис. 2 показана магниточувствительность карповых рыб, установленная нами экспериментально. Здесь отмечено два максимума: первый максимум (частоты 0,5–1 Гц) можно считать физиологическим – в этой области расположена частота дыхания и частота сердечных сокращений; второй максимум, видимо, не имеет отношения к физиологии. В наших работах [2, 4, 5 и др.] он получил название *геофизического максимума*.

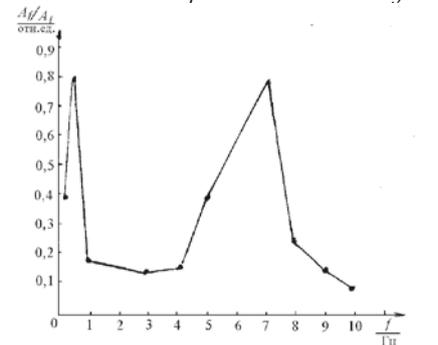


Рис. 2. Чувствительность карповых рыб к вариациям переменного магнитного поля [5]

Возбуждение крайне низкочастотных электромагнитных полей при многих геофизических процессах происходит за счет *неразрядных* механизмов.

СПОСОБНОСТЬ РЫБ ПРЕДЧУВСТВОВАТЬ ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

И.А. Степанюк, д-р физико-матем. наук,
Н.С. Фролова, аспирант, РГГМУ,
контакт. тел. (812) 224 3061

Молния, которая сразу вспоминается при рассмотрении электрических процессов в атмосфере, это электрический разряд. Неразрядные же электрофизические механизмы обусловлены изменениями объемных зарядов, например, внутри облачных систем тайфунов или циклонов. Но все-таки что же происходит при цунами и землетрясениях? Что могут воспринимать эти маленькие юркие рыбки – сомики?

Цунами без землетрясений не бывает. Причем создают цунами *подводные* землетрясения. Сейсмоактивных зон на акватории Мирового океана очень много. В этих зонах регулярно нарастают локальные напряжения пород. Напряжения могут высвобождаться самостоятельно, но часто это вызвано некоторым внешним толчком. Подобный толчок создается, например, под влиянием Луны и Солнца. Дело в том, что приливные явления происходят не только в океане, но и в земной коре.

О сложных явлениях в земной коре можно подробнее прочитать в монографии А.А.Воробьева [6], а также в книге А.В.Тертышниковой [7].

Предчувствие землетрясений гидробионтами не может происходить напрямую, т.е. через сейсмические явления. Вода их демпфирует, да и различных колебаний в водной среде очень много. Приходится полагать, что гидробионты воспринимают иной фактор, связанный с возрастанием механических напряжений в земной коре. Наиболее вероятным подобным фактором являются электромагнитные возмущения крайне низких частот, создающиеся в результате реакции ионосферы [8].

Кроме цунами для гидробионтов представляют опасность тайфуны, циклоны и, соответственно, их фронтальные образования. Как выявлено [2], при этих процессах также формируются электромагнитные поля крайне низких частот, распространяющиеся от источника на расстояния до 500–1000 км. При скорости перемещения циклона примерно 30–50 км/ч восприятие этих электромагнитных полей обеспечивает,

учитывая шумовой фактор, заблаговременность прогноза до 10–20 часов. Этого вполне достаточно для ухода гидробионтов из опасной зоны.

Таким образом, у живой природы нашлись собственные приемы прогнозирования опасных геофизических явлений. Эти приемы никак не повторяют методы, разработанные человеком. И, возможно, они эффективнее, чем используемые нами методы.

ОБЪЕКТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ

Для изучения влияния электромагнитных возмущений на поведенческую активность (ПА) гидробионтов были выбраны карповые и сомовые рыбы. Карпы наиболее распространены в системах аквакультуры, и их реакции представляют интерес не только для проностических целей. Из семейства сомовых были взяты сомики золотистые (*Corydoras aeneus*) как наиболее доступный вид сомовых рыб.

Исследования проводились в экспериментальном бассейне размерами 260×370×165 мм, который разделен на шесть одинаковых секций. Впервые в ходе эксперимента был использован автоматический метод регистрации видеокамерой, который позволил получать довольно длительные ряды наблюдений. Суть методики заключалась в следующем: в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n определялось количество особей в каждой из секций. Длительность эксперимента составляла не менее трех часов. Опыты проводились с дискретностью 1 мин. Если рыб в какой-либо секции не было в момент регистрации, то это состояние обозначалось 0. Расчет ПА проводился по формуле, где ПА представляет собой сумму всех разностей пары отсчетов:

$$\Delta a + \Delta b + \Delta c + \Delta d + \Delta f + \Delta e = R_i, \quad (1)$$

где $\Delta a = |a_i - a_{i+1}|$; $\Delta b = |b_i - b_{i+1}|$; $\Delta c = |c_i - c_{i+1}|$; $\Delta d = |d_i - d_{i+1}|$; $\Delta f = |f_i - f_{i+1}|$; $\Delta e = |e_i - e_{i+1}|$.

Здесь R_i – характеристика активности перемещения рыб из секции в секцию; ед. ПА, при количестве рыб $N = \text{const}$; a, b, c, d, f и e с индексами (i) и ($i+1$) – количество рыб в каждой из секций в моменты времени i и $i+1$, соответственно.

Следовательно, получаемые ряды R_i характеризуют поведенческую активность рыб и ее изменчивость за время эксперимента.

Эксперименты проводились при различных геомагнитных и погодных условиях. Данные о геомагнитных возмущениях на время экспериментов использовались из обсерватории Соданкюля (Финляндия) (www.sgo.fi). Данные о характере погоды были взяты с сайта мете-

орологической службы Германии (www.wetterzentrale.de), а также из Северо-западного Управления Росгидромета.

Обработка полученных рядов поведенческой активности, а также рядов магнитной индукции по оси X (B_x , нТл) проводилась в статистическом пакете Mesosaug. Для выделения полезного сигнала использовался полосно-пропускающий фильтр, который позволял выявить в исходной выборке определенную, необходимую для работы полосу частот. После фильтрации были построены графики рядов ПА рыб и магнитной индукции B_x . Из сглаживающих фильтров использовался цифровой фильтр – скользящее среднее. Алгоритм его вычисления прост: складываются N последних значений ряда, и сумма делится на N .

При обработке значений поведенческой активности строились и анализировались графики этих значений, а также функции спектральной плотности, которая описывает разложение полной дисперсии ряда по различным частотным составляющим. Также проводились оценки основных моментов распределения полученных данных (среднее, дисперсия). С помощью кросс-спектрального анализа сглаженных рядов поведенческой активности и магнитной индукции определялось наличие или отсутствие гармонических составляющих динамики в исследуемых рядах, а также оценивалась теснота связи между рядами.

Для определения степени детерминированности поведения рыб в период эксперимента вычислялась фрактальная размерность процесса с помощью показателя Херста по формуле

$$H = \log_{(\tau/2)}(R/S), \quad (2)$$

где H – показатель Херста; τ – временное «окно»; R – размах, т.е. разность максимального и минимального значений за рассматриваемый интервал времени; S – стандартное отклонение.

Для процесса независимых испытаний $H = 0,5$. При $H > 0,5$ временной ряд имеет персистентное (поддерживающееся) поведение, т.е. процесс детерминированный. Вычисления велись с использованием программного пакета «Herst».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе работы была выявлена точная биоритмика карпов по данным 34-часового эксперимента с помощью спектрального анализа, которая выражается в том, что поведенческая активность рыб уменьшается в период с 20.00 до 6.00 (рис. 3).

Также была установлена зависимость средней ПА рыб от интенсивности геомагнитных возмущений, которые оцениваются с помощью обобщенного локального индекса $K_{\text{собст}}$; при этом

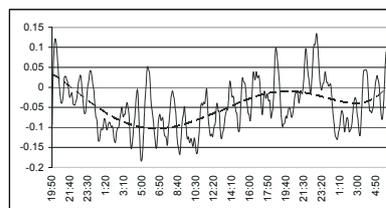


Рис. 3. Изменчивость ПА карповых рыб в течение суток

был использован опробованный в предыдущей нашей работе подход к оценке результатов путем разделения рядов активности рыб и магнитной индукции по частям (рис. 4, 5).

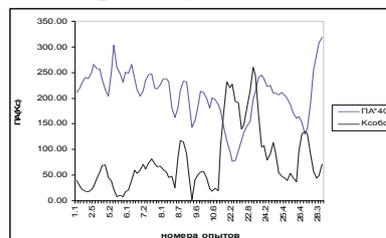


Рис. 4. Связь поведенческой активности с размахом вариаций индукции (карповые рыбы).

По оси абсцисс – обозначения опытов с учетом разделения рядов по частям в пределах каждого опыта; ПА*40 – значения поведенческой активности, увеличенные в 40 раз; $K_{\text{собст}}$ – размах вариаций индукции, нТл

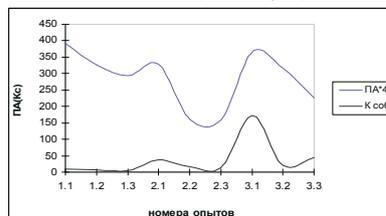


Рис. 5. Связь поведенческой активности с размахом вариаций индукции (сомовые рыбы).

По оси абсцисс – обозначения опытов с учетом разделения рядов по частям в пределах каждого опыта

Рассчитанные коэффициенты корреляции между рядами ПА и ГМВ показали, что максимальное значение коэффициента составляет 0,8 для карпов и 0,87 для сомов; различные знаки свидетельствуют о противоположной реакции этих рыб на магнитные возмущения, т.е. для карповых рыб свойственно снижение поведенческой и пищевой активностей во время увеличения вариаций магнитной индукции. Подобные результаты были получены в нашей работе [5], максимальное значение коэффициента корреляции тогда составило 0,65. Также был установлен нелинейный характер связи средних значений ПА с интенсивностью геомагнитных возмущений (рис. 6). При этом предчувствия ни у карпов, ни у сомов выявить не удалось, однако реакция данных рыб на геомагнитные возмущения однозначна.

С помощью расчета коэффициента Херста по экспериментальным данным

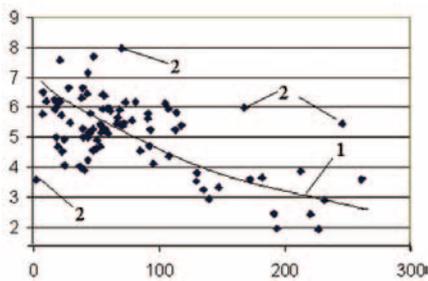


Рис. 6. Характер связи между поведенческой активностью и геомагнитными возмущениями. Ось ординат – активность, ед. ПА, ось абсцисс – размах геомагнитных вариаций, нТл; 1 – аппроксимирующая кривая; 2 – точки выбросов, проверенные по критерию «грубых промахов»

установлено, что поведение рыб носит преимущественно детерминированный характер; спады в «хаос» удалось связать с прохождением фронтов во время проведения экспериментов, что подтверждает наличие реакции гидробионтов на геофизические процессы. В целом можно сделать вывод о достаточно неплохой реакции рыб на систему малоподвижных фронтов, в ряде случаев видна прогностическая реакция рыб на прохождение фронта – за три–шесть часов. На рис. 7 изображена синоптическая карта для одного из опытов с карпами, который длился по московскому времени с

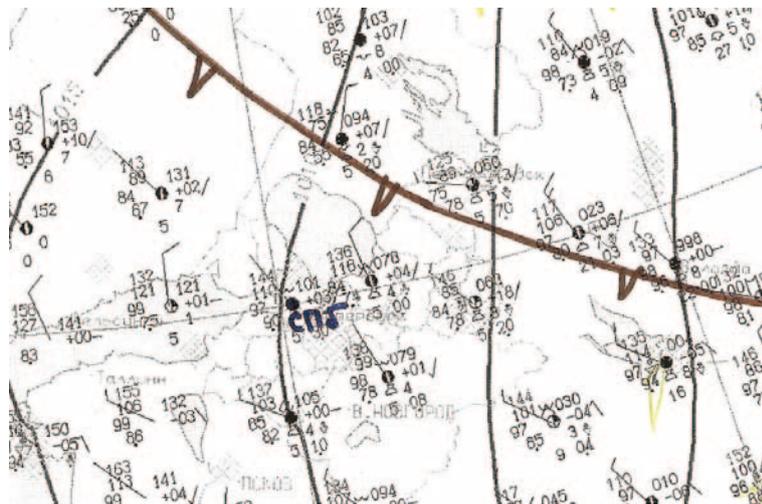


Рис. 7. Синоптическая карта за 18(22).00 30 августа 2008 г.
Н-показатель

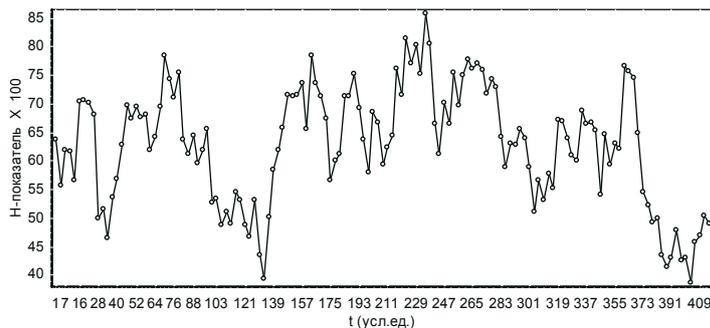


Рис. 8. Вариации показателя Херста во время опыта 31 августа 2008 г. Ось ординат – значения показателя Херста, умноженные на 100; ось абсцисс – время от начала эксперимента, минуты

01.23 до 9.00 31 августа 2008 г. На рис. 8 показаны вариации показателя Херста во время этого эксперимента.

Из приведенного графика видно, что имеют место два значительных спада (121–133 мин. и 385–409 мин.). Если сопоставить время спада «в хаос» у рыб со временем прохождения холодного фронта, то можно сделать вывод о том, что первый спад является результатом предчувствия, а второй – реакцией на прохождение фронта.

Однако не во всех случаях значительные спады показателя Херста удалось связать с погодными условиями. Так, например, за 11 и 12 сентября 2008 г. наблюдались два значительных сброса в поведении рыб, но погодные условия были хорошие (стоял антициклон), также никаких значительных геомагнитных возмущений не было отмечено за эти периоды. Единственным возможным объяснением подобных спадов показателя Херста может быть наличие некоторой собственной биоритмики рыб, которая не изучалась в рамках проведенной работы.

К сожалению, на сегодняшний день наши знания о возможных механизмах предчувствия у животных довольно малы. Скорее всего, гораздо больше свидетельств о возможностях животных предчувствовать различные катастрофы, чем теоретических объяснений механиз-

мов этого предчувствия. В настоящее время остается много неясного в действии и работе специальных органов живых организмов, существование которых уже доказано, поэтому необходимо подчеркнуть необходимость их дальнейшего изучения.

ВЫВОДЫ

1. Разработана и использована специальная экспериментальная установка для определений поведенческой активности гидробионтов в лабораторных условиях; в установке применена видеокамера с дискретной регистрацией изображений.
2. Выявлена суточная биоритмика по данным 34-часового эксперимента с помощью спектрального анализа.
3. Установлена зависимость средней ПА рыб от интенсивности геомагнитных возмущений.
4. Рассчитаны коэффициенты корреляции между рядами ПА и ГМВ; максимальное значение коэффициента составляет – 0,8 для карпов и 0,87 для сомиков; различные знаки свидетельствуют о противоположной реакции этих рыб на магнитные возмущения.
5. С помощью расчета коэффициента Херста по экспериментальным данным установлено, что поведение рыб носит преимущественно детерминированный характер; спады в «хаос» удалось связать с прохождением фронтов во время проведения экспериментов, что подтверждает наличие реакции гидробионтов на геофизические процессы; в некоторых опытах выявилось предчувствие рыбами опасных гидрометеорологических явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравейко В.М. Электросенсорные системы животных. – Апатиты: Изд-во Колеско филиала АН СССР, 1988. – 110 с.
2. Степанюк И.А. Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2002. – 214 с.
3. Peters R.S., Buwalda R.J.A. Frequency response of the electroreceptors («small pit organs») of the catfish, *Ictalurus nebulosus* Les // J. comp. Physiol. – 1972. – N 79. – P. 29–38.
4. Баландина Н.Л. Роль и особенности учета космогеофизических экологических факторов в рыбопромышленных технологиях. – Автореферат дисс. канд. физ.-мат. наук. – СПб., 2006. Специальность 25.00.28 – Океанология. – 20 с.
5. Степанюк И.А., Петрова М.Н., Фролова Н.С. Влияние космогеофизических факторов на поведение карповых рыб. – Сб. научн. тр. «Космогеофизические факторы экологии биосистем». – СПб: Астерион, 2007. – С.42–50.
6. Воробьев А.А. Равновесие и преобразование видов энергии в недрах. – Томск: Изд-во Томского университета, 1980. – 211 с.
7. Тертышников А.В. Предвестники землетрясений и особенности их регистрации. – СПб.: Изд-во ВИККА им. Можайского, 1997. – 122 с.
8. Пудовкин И.М. и др. Геомагнитные вариации как возможное средство прогнозирования землетрясений / геофизические поля и сейсмичность. – М.: Наука, 1975. – С. 100–106. ■

Развитие морской экономической деятельности в России в последние годы сопровождается значительным возрастанием судопотока в шельфовой зоне, будет сопровождаться и в перспективе.

Особую значимость приобретает рост трафика судов в районах обустройства разрабатываемых в настоящее время нефтегазовых месторождений в западном арктическом секторе РФ (добывающие комплексы, магистральные трубопроводы, порты, береговая инфраструктура и пр.), а также в районе перспективных и принятых к разработке месторождений Баренцева и Карского морей (рис. 1). Это происходит в результате увеличения потоков:

- транспортных, специальных судов и судов снабжения на стадии строительства, обустройства и дальнейшей эксплуатации нефтегазовых месторождений;
- крупнотоннажных специализированных судов (в основном танкеров и судов-газовозов) для транспортировки готовой продукции;
- военных кораблей и судов, необходимых для охраны и защиты морской деятельности в шельфовых водах и прибрежных районах.

Прибрежные районы Баренцева моря (от п-ова Рыбачий до горла Белого моря включительно) и в настоящее время можно отнести к районам средней и высокой интенсивности судоходства. Перспективные планы предусматривают значительный рост грузоперевозок не только в территориальных водах России, но и в открытых районах Баренцева и Карского морей, т.е. в экономической зоне прилегающих морей. При этом можно предполагать, что часть судов, осуществляющих эти перевозки, будут под иностранными флагами.

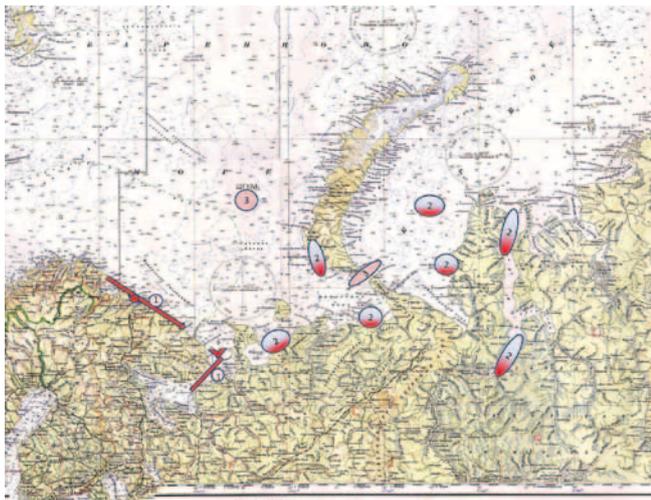


Рис. 1. Схема разрабатываемых и перспективных месторождений в западном регионе российской Арктики
1 – существующие системы установления путей движения судов; 2 – планируемые к разработке месторождения; 3 – потенциальные районы интенсивного судоходства

В этих условиях в прибрежной зоне РФ объективно возрастают риски, обусловленные возрастанием интенсивности судоходства. Это риски, связанные с навигационной аварийностью, ошибками в управлении судами, с существующими техногенными опасностями и др. Если учесть экологическую уязвимость арктического региона и хрупкость его экосистемы, особую значимость приобретают риски экологических аварий и катастроф и аварийных разливов жидких углеводородов.

Необходимо учитывать и особенность региона, прежде всего сложности навигационно-гидрографического обеспече-

ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ РОССИИ

Ю.В. Румянцев, канд. воен. наук, вед. науч. сотрудник,
А.Н. Лукин, канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, ОАО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 936 8110

ния мореплавания, недостаточно развитую в некоторых районах систему средств навигационного оборудования (СНО), ледовые условия в районе северо-восточнее м. Териберский и потенциальную айсбергоопасность.

Особенностью рассматриваемого региона является и то, что перспективные судопотоки проходят по районам с интенсивной деятельностью сил Министерства обороны (учения ВМФ с применением оружия, испытания оружия и техники, действия подводных лодок и т. д.).

Суда-газовозы и танкеры, в соответствии с классификацией Российского Морского Регистра судоходства относящиеся к судам с опасными грузами, имеют специфику, обусловленную характером этих грузов, хотя в соответствии с нормативными требованиями к безопасности мореплавания в навигационном отношении их можно рассматривать как обычные суда различного назначения. Поэтому к ним в полной мере применимы подходы, относящиеся к судам всех других типов.

Причины аварийности в системе морской транспортировки – те же, что и во всякой технологической системе: это – нарушение режимов эксплуатации, несоблюдение эксплуатационного регламента, влияние человеческого фактора. Особо пристальное внимание к аварийности танкеров и судов-газовозов объясняется их потенциальными последствиями: экологическими, наносящими значительный материальный ущерб, имеющими повышенную опасность для персонала и пр. (рис. 2).

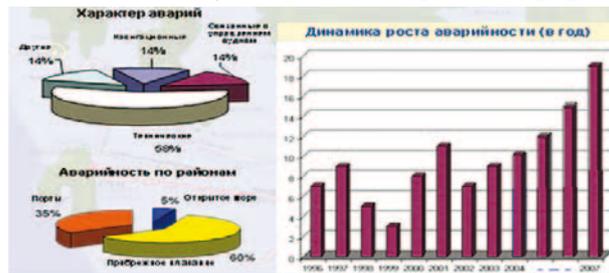


Рис. 2. Характер аварийности морской транспортировки грузов за 1996–2007 гг.

Как следует из рис. 2, причины 42% случаев аварий и катастроф при морской транспортировке грузов носят «технологический» характер; к их числу относятся прежде всего навигационные аварии (14%), аварии, связанные с управлением судами (14%) и др.

Технические аварии, связанные с несоблюдением правил и регламентов эксплуатации или неучтенным естественным износом оборудования, составляют 58%. В связи с этим необходимость принятия мер по предотвращению аварий в сложных условиях прибрежного судоходства становится особенно актуальной.

С этой целью представляется целесообразной модернизация и реконструкция систем обеспечения безопасности мореплавания (СБМ), а именно:

- системы установления путей движения судов;
- системы управления движением судов;
- глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ);
- системы судовых сообщений.

Все они предназначены для решения разных задач, в частности, для разделения встречных потоков судов в прибрежных водах, радиолокационного контроля и оперативного управления движением судов на подходах к портам, минимизации последствий навигационной аварийности путем содействия проведению спасательных операций, защиты наиболее экологически уязвимых морских районов. Однако в конечном итоге решение всех этих задач сводится к достижению единой цели – повышению безопасности мореплавания [1].

На рис.3 представлена схема перспективных направлений судопотока с учетом разработки нефтегазовых месторождений в регионе.

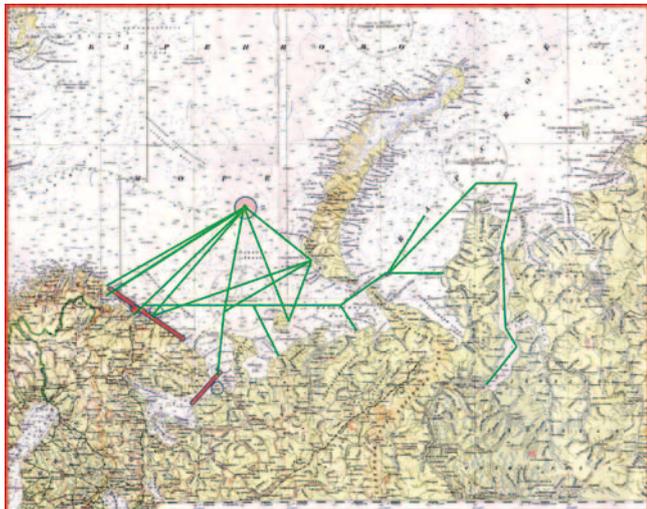


Рис. 3. Схема перспективных маршрутов судопотока с учетом разработки нефтегазовых месторождений в регионе

Как видно из представленной схемы, существующие пути движения судов (красные линии) расположены в прибрежной зоне в территориальных водах РФ и ориентированы в основном на каботажное плавание российских судов между портами Баренцева и Белого морей с дальнейшим переходом на традиционные трассы Северного морского пути.

Очевидно, что в связи с разработкой месторождений в юго-восточной части Баренцева и Карского морей существующая система путей движения судов окажется неоптимальной ни по экономическим, ни по экологическим соображениям. Кроме того, в настоящее время много районов закрыты для плавания судов как под российским, так и под иностранным флагом, так как они являются полигонами боевой подготовки сил ВМФ. Поэтому необходимо провести большую работу по разработке новых путей движения судов в восточной части Баренцева моря, в Карском море и далее на восток, а также определению зон безопасности при создании стационарных искусственных сооружений на шельфе. При этом следует принимать во внимание не только такие традиционные факторы, как мелководье, навигационные опасности и пр., но и гидрологические и ледовые особенности арктических районов, приводящие к неизбежным отклонениям от рекомендованного пути. Поэтому в данном случае правомернее говорить о разработке маршрутов движения судов и кораблей.

В качестве одной из основных мер по обеспечению безопасности мореплавания при возрастании интенсивности судоходства, исходя из мировой практики, необходимо развивать существующие и создавать новые системы управления движением судов (СУДС) различного уровня.

Под СУДС понимается сочетание организационной структуры, технических сооружений и средств, а также специаль-

ных местных правил, которые предназначены для обеспечения безопасности и повышения эффективности использования судов и береговых сооружений, а также сохранения чистоты окружающей среды.

Мировая статистика показывает, что при увеличении интенсивности движения судов в два раза после введения в действие СУДС количество столкновений уменьшается в четыре раза [1].

В соответствии с отраслевыми нормативными документами Министерства транспорта России [2,3], в зависимости от района действия, выполняемых функций и особенностей организации СУДС подразделяются на три вида: *портовые, прибрежные, региональные*. Центры портовых и прибрежных СУДС могут одновременно являться субцентрами региональной СУДС.

Региональные СУДС создаются на основе информационной интеграции и координированной деятельности нескольких портовых и/или прибрежных СУДС. Район их действия – совокупность районов действия портовых и прибрежных СУДС.

Для обеспечения безопасности мореплавания в рассматриваемом регионе целесообразно разработать и создать региональную СУДС на базе новых информационных технологий. При расширении зоны ее действия на запад и соединении с региональной СУДС Норвегии – выйти на уровень VTMISS (Интегрированная система контроля и информационного обеспечения судоходства) на основе информационной интеграции СУДС и других систем с использованием стандартной сети и согласованных форматов сообщений.

Зона действия региональной СУДС определяется расположением перспективных центров нефтегазодобычи и судопотоками, соединяющими центры с традиционными маршрутами транспортировки продукции на удаленные рынки сбыта (см. рис. 3).

Создание региональной СУДС и VTMISS в арктических морях связано с рядом трудностей и ограничений, вызванных географическими и климатическими условиями, влияющими прежде всего на стоимость строительства. Поэтому с самого начала необходимо технически предусмотреть возможность использования в недалеком будущем вновь появляющиеся инновации, к которым можно отнести подходы е-навигации и практическое применение виртуальных СНО. Это поможет в значительной мере повысить безопасность мореплавания в Арктике и снизить расходы на ее обеспечение.

Исходя из документов Международной ассоциации маячных служб (МАМС), VTMISS входит в структуру е-навигации, регламентация которой началась в декабре 2009 г. [4]. Применение виртуальных СНО позволит частично решить проблему недостаточности оборудования арктического побережья традиционными СНО. Плавающие СНО в Арктике практически не используются из-за ледовой обстановки. Отходя береговая черта исчезает с экранов РЛС с появлением льда. Все эти проблемы могут быть частично решены использованием виртуальных СНО в VTMISS. Необходимо подчеркнуть, что эти СНО не заменяют (и никогда не заменят) традиционные СНО, но являются источником дополнительной, важной для судоводителей информации. МАМС выпустила рекомендации по применению виртуальных СНО в марте 2010 г. [5]. Для введения в действие региональной СУДС и VTMISS необходимо внести изменения в состав береговой и судовой аппаратуры. На судах должны быть установлены АИС-транспондеры класса А (АИС – автоматическая информационная (идентификационная) система), оборудованные портами для подключения к спутниковой системе связи ИНМАРСАТ. Это вызвано тем, что маршруты движения танкеров и судов-газовозов прокладываются порой в целях безопасности на расстояниях от берега, не позволяющих использовать связь «судно–берег» в диапазоне УКВ.

В СУДС и VTMISS, системах судовых сообщений и других береговых службах контроля и регулирования судоходства АИС используется в качестве:

- оборудования, дополняющего береговые РЛС и традиционные средства связи, и обеспечивающего получение информации о местоположении и движении судов в целях контроля, организации и регулирования судоходства;
- средства автоматической идентификации и получения информации о судах в контролируемых районах (название или позывной, тип судна, его навигационный статус, наличие опасного груза, порт назначения, маршрут движения и др.);
- средства автоматизированной передачи судам местной навигационной информации и предупреждений (судоходная обстановка; состояние СНО, обнаруженные опасности, метеорологическая и гидрологическая информация);
- дополнительного (резервного) средства передачи на суда дифференциальных поправок для глобальных навигационных спутниковых систем;
- дополнительного источника информации при организации и планировании портовых операций (портовый флот и местное пассажирское сообщение, расстановка судов на рейдах и у причалов и др.);
- средства дистанционного автоматического контроля за положением и техническим состоянием плавучих и стационарных СНО.

Используются АИС и в деятельности служб поиска и спасения с целью повышения эффективности поисково-спасательных операций с применением различных сил и средств.

Успешное выполнение этих функций возможно при наличии соответствующего состава оборудования ГМССБ. Состав обязательного судового радиооборудования при плавании в Арктике, в особенности в восточной ее части, должен отвечать требуемому для морского района плавания АЗ. Крупнотоннажные танкеры и суда-газовозы оснащаются этим оборудованием при постройке, а вот некоторые другие суда необходимо обязательно дооборудовать.

Теперь кратко рассмотрим систему судовых сообщений.

Регламент связи, сроки и содержание судовых сообщений при плавании в арктических морях России и по трассам Северного морского пути (СМП) определены в ежегодно издающемся Министерством транспорта РФ документе «Указания по связи на период арктической навигации на трассах Северного морского пути» на соответствующие сроки навигации. Опыт показал, что это хорошо сложившаяся система, не требующая принципиальных изменений. Однако, как подчеркивалось ранее, в арктические воды придет большое число судов под иностранными флагами. Поэтому было бы целесообразно унифицировать российские требования в части формы и содержания сообщений с требованиями всемирной системы AMVER (Automated Mutual-assistance Vessel Rescue system – AMVER), добровольной автоматизированной системы взаимопомощи судов при спасении [6]. Эта система, охватывающая практически весь Мировой океан, работает по рекомендованному ИМО формату сообщений в соответствии с Резолюцией MSC 43/64 (MSC – Комитет по безопасности мореплавания ИМО). Этот формат хорошо известен, поэтому при унификации формы и содержания сообщений адаптация зарубежных мореплавателей к российским требованиям будет происходить значительно быстрее, что уменьшит вероятность появления ошибок. При этом изменения российских (включая сроки подачи) регламентов не требуются.

Рассмотренные предложения по созданию региональной СУДС в описываемом регионе отвечают современным тенденциям развития систем обеспечения безопасности мореплавания и подкреплены соответствующими международными документами и решениями. Так, 9 марта 2006 г. в Осло был подписан «Меморандум о взаимопонимании между Министерством транспорта РФ и Министерством рыболовства и по делам береговой администрации королевства Норвегия по укреплению сотрудничества в целях повышения уровня безопасности мореплавания на морских путях Норвежского и Баренцева морей» (рис. 4).



Рис. 4. Арктическая система безопасности мореплавания

На основе информационной интеграции региональной СУДС Кольского залива и подобных систем, функционирующих в сопредельных районах Норвегии, предполагается создание Российско-Норвежской VTМIS (по аналогии с VTМIS Финского залива). Над этим работает созданная в 2003 г. российско-норвежская рабочая группа. Со стороны нашей страны в эту систему должна быть включена предлагаемая СУДС на подходах к порту Териберка.

Опыт создания подобных систем имеется и в мировой практике (Норвегия), и в отечественной (в восточной части Финского залива, в заливе Петра Великого, в Азово-Черноморском и Баренцевом регионах).

Разработка региональной СУДС должна идти с учетом действующих в регионе систем наблюдения, связи и других систем (как военных, так и невоенных) мониторинга и обеспечения безопасности и дополнять их. С этой целью на этапе проектирования системы необходимо предусмотреть сопряжение разрабатываемых систем с существующими системами связи и освещения обстановки, в том числе с системами военного назначения.

Таким образом, в связи с разработкой новых месторождений полезных ископаемых, включая углеводороды, в прибрежных районах и на шельфе Берингова и Карского морей ожидается возрастание потока судов, в том числе под иностранными флагами. В этих условиях предлагается модернизировать существующие и создать новые системы обеспечения безопасности мореплавания:

- разработать новые пути движения судов;
- создать региональную СУДС в водах Баренцева и Карского морей;
- разработать требования к оснащению судов аппаратурой ГМССБ, обеспечивающей надежное функционирование создаваемой региональной СУДС;
- унифицировать формат судовых сообщений, подаваемых при плавании в рассматриваемом регионе, в соответствии со сложившейся международной практикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лентарев А.А.* Морские районы систем обеспечения безопасности мореплавания. – Владивосток: Изд.ГМУ. 2004. – 119 с.
2. Положение о системах управления движением судов. – М.: Минтранс РФ. 2002. – 18 с.
3. Техничко-эксплуатационные требования к СУДС № МФ-29/534–48. Утвержены Росморпортом 01.07.96. Письмо № МФ-35/2433 от 03.08.1997.
4. IALA Recommendation e-NAV-140 On the e-NAVigation Architecture – the initial Shore-based Perspective. – Ed. 01. – Franse, December 2009, 29 p.
5. IALA Recommendation O-143 On Virtual Aids to Navigation. – Ed. 01. – Franse, March 2010, 7 p.
6. *Баранов А.Ю., Лукин А.Н.* Особенности навигационных пособий США. – М.: Транспорт, 1990. – 112 с. ■

Рецензент: *П.И. Малеев*, д-р техн. наук.

Григорий Дмитриевич Филимонов хорошо известен судостроительной, судоремонтной и морской общественности Санкт-Петербурга.

Родился Григорий Дмитриевич в Ленинграде 24 декабря 1956 г. После окончания школы поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, который окончил в 1981 г. Свою трудовую деятельность начал в качестве мастера на Канонерском судоремонтном заводе Балтийского морского пароходства, куда пришел по распределению. Пройдя на заводе путь от старшего мастера сборочно-сварочного участка, начальника лаборатории сварки до инженера-технолога первой категории, был приглашен на работу в Регистр СССР, где в качестве старшего инженера-инспектора осуществлял надзор за строительством, ремонтом и эксплуатацией флота и классификационную деятельность. С 1986 по 1989 г. работал в промышленно-транспортном отделе Кировского райкома КПСС и в отделе городского хозяйства и транспорта горкома КПСС Ленинграда, курируя предприятия транспорта и внешней торговли. В 1989 г. был направлен на хозяйственную работу для создания предприятия совместно с Балтийским морским пароходством в качестве генерального директора. Возглавлял временную дирекцию по строительству транспортно-технологического комплекса портов на Балтике, являлся генеральным директором калининградского пароходства «Еврошипинг», заместителем председателя совета директоров, президентом Балтийского морского пароходства, членом Совета директоров ряда зарубежных компаний с участием пароходств Греции, Германии, Великобритании, Финляндии, Швеции.

В настоящее время Г.Д. Филимонов возглавляет концерн «Морфлот», деятельность которого направлена на восстановление инфраструктуры водного транспорта и привлечение инвестиций в промышленность и транспорт. Он – инициатор модернизации цехов по очистке и окраске судов и кораблей в судостроительной и судоремонтной отраслях России с доведением их до мирового уровня.

Г.Д. Филимонов – действительный член Санкт-Петербургской инженерной академии, член-корреспондент

К 55-ЛЕТИЮ Г.Д. ФИЛИМОНОВА



Российской инженерной академии, действительный член Международной инженерной академии, член-корреспондент Санкт-Петербургской академии истории наук и техники, а также член «Маркетинг-клуба» Санкт-Петербурга.

В 2001 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 2009 г. – докторскую. Темы диссертаций связаны с внедрением мирового опыта очистки и окраски судов и кораблей в отечественную промышленность с целью ее модернизации.

Г.Д. Филимонов – автор многочисленных научных статей и работ, таких как: «С коррозией надо бороться даже в космосе». (Muehlhan, Россия, юбилейный выпуск 22 февраля 1999 г.); «Концерн Морфлот»: новые технологии для судостроения» («Business International», 2000, №29); «Современное состояние борьбы с коррозией» (Тр. НПО им. акад. А.Н. Крылова, 2001, вып. 31); «Новые российско-германские инициативы в области транспорта» / Г.Д. Филимонов, Е.В. Игошин (Морской вестник, 2002, №3); «Новая технология подготовки поверхностей для судостроения и судоремонта» (Морской вестник, 2002, №4); Экспертная оценка морской составляющей перспективы экспорта нефти и

нефтепродуктов из порта Приморск на Северо-Западную Европу через порты Роттердам / Г.Д. Филимонов, Е.В. Никулин (Морской вестник, 2005, №1); «Что такое исследование операций? Элементы математических методов» / С.Т. Даньшин, К.М. Кляус, Г.Д. Филимонов (СПб.: Сократ, 2005); «Программа строительства вспомогательных и портовых ледоколов для обеспечения транспортных перевозок в замерзающих портах РФ» (2005); «Обоснование экономической эффективности эксплуатации железнодорожного парома Усть-Луга–Калининград» (2005); «Инновационный анализ морского промышленного транспортного комплекса (судостроение, транспортные системы)» (Морской вестник, 2006, №4); «Критерии эффективности и функционирования морского промышленно-транспортного комплекса» (Морской вестник, 2007, №1); «Технико-экономические показатели инноваций в развитие технологической подготовки производств судостроительной верфи» (Морской вестник, 2007, №3); «Разработка научно-технических и организационных основ повышения уровня судостроительного производства» (Морской вестник, 2008, №1) и др.

За вклад в развитие технологии судостроения в 1996 г. Г.Д. Филимонов награжден юбилейной медалью «300 лет Российскому флоту», в 2001 г. ему присвоено звание «заслуженный инженер России».

Григорий Дмитриевич участвует в общественно-политической жизни города, оказывает помощь спортивным организациям: в 1990 г. участвовал в основании Федерации керлинга, содействовал появлению этого вида спорта в России и в олимпийском мировом движении.

Друзья и коллеги поздравляют Григория Дмитриевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья и многих лет плодотворной творческой деятельности на благо возрождения и укрепления мощи флота России! ■

Редакционный совет, редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» поздравляют Григория Дмитриевича с днем рождения и желают плодотворной работы по внедрению передовых технологий в судостроение и судоремонт, удачи в бизнесе и дальнейших творческих успехов.

В настоящее время в России наиболее востребованы из числа судов смешанного плавания (ССП) грузовые суда класса «Волго-Дон макс» [4, 5].

ССП этого класса, построенные до XXI в., имеют корпуса с коэффициентом общей полноты $C_B = 0,84...0,85$, цилиндрической вставкой относительной длиной $l_{рмв} \leq 0,60$, носовой оконечностью в виде «острой ложки» и кормовой в виде «килеватой ложки» [9, 11].

Корпус таких судов нового поколения (проекты «Морского Инженерного Бюро» 005RST01, 006RSD02, 006RSD05, 007RSD07, RSD19, RSD49, RST22, RST22M) отличается более полными обводами ($C_B = 0,88...0,90$) и более протяженной цилиндрической вставкой ($l_{рмв} = 0,68...0,70$), что позволяет, несмотря на увеличение толщин и рост массы металлического корпуса, обеспечивать дедейт в реке при осадке 3,60 м около 4700–5000 т и кормовую часть санной формы, приспособленную к двум винторулевым колонкам (ВРК) в качестве единого средства движения и управления (или к двум винтам фиксированного шага в насадках с двумя рулями) [4, 5, 10]. При отработанной форме кормы наибольший интерес представляет выбор формы носовой оконечности.

Исследование обводов относительно полных судов проводилось неоднократно, но количественные решения касались корпусов с C_B до 0,88.

В работе Б.В. Богданова [2] даны качественные оценки и признано, что лучшей формой носовых обводов барж (с высоким коэффициентом полноты) являлась ложкообразная, а кормовой – «сани», затем «ложка» и хуже всего «клин».

В работе [8] был сделан вывод о том, что для полных судов, эксплуатирующихся при числе Фруда $Fn = 0,17...0,24$, за счет использования бульба можно снизить интенсивность волнообразования и волнового сопротивления. Там же отмечено, что для $C_B > 0,88$ главным фактором влияния на характер обтекания кормовой оконечности является отношение L/B , а в целом сопротивление формы полного судна определяется отношением проекции площади отрыва на плоскость мидель-шпангоута. Для получения количественных оценок в начале 70-х гг. прошлого столетия в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова были проведены серийные испытания морских судов полных обводов с $L/B = 5,8; 6,2; 6,8; 8,3$, $B/T = 2,2; 2,7; 3,5$, $C_B = 0,800; 0,825; 0,850; 0,875$; с V-образной, цилиндрической (U-образной), бульбовой, таранно-конической носовой оконечностями и U-образной, V-образной и сигарообразной кормовой оконечностями [1, 13].

В 1974 г. у институт [9] провел исследование и разработал технические материалы, «обеспечивающие возможность

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБВОДОВ СУДНА СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ КЛАССА «ВОЛГО-ДОН МАКС»

Г.В. Егоров, *д-р техн. наук, проф., генеральный директор,*

В.И. Тонюк, *технический директор,*

ЗАО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,

Б.Н. Станков, *генеральный директор,*

А.В. Печениок, *руководитель отдела, «Digital Marine Technology», г. Одесса,*
контакт. тел. +38 (0482) 347 928, +7 (812) 232 8538

повышения ходовых качеств большегрузных судов внутреннего и смешанного плавания (река-море)». Были проведены сравнительные испытания модели на базе пр. 1557 ($C_B = 0,82$, корма в форме «килеватой ложки») с исходной формой ложкообразной носовой оконечности, V-образными шпангоутами и наклонным форштевнем, закругленным внизу; с цилиндрическим носом (U-образными шпангоутами и вертикальным форштевнем, водоизмещением на 6,7% больше исходного); с бульбовым носом (таранно-коническая оконечность, водоизмещение на 5,8% больше исходного). В диапазоне $Fn < 0,14$ кривые остаточного сопротивления всех вариантов модели весьма близки и только при $Fn > 0,18$ бульбовый нос оказался выгоднее цилиндрического (на глубокой воде). Был сделан вывод, что увеличение полноты носовой оконечности приводит к снижению скорости на 2,5...3,0% на глубокой воде и на 1,7...2,7% на мелководье, но при этом за счет опережающего роста водоизмещения растет и транспортная работа на единицу мощности $\nabla V_S/N_P$ (для цилиндрического носа – на 4,3%).

Исследование модели судна пр. 507Б, имевшего $C_B = 0,85$, показало, что кормовые обводы в виде «килеватых саней» обеспечивают безотрывное обтекание в отличие от обводов типа «килеватая ложка» (на базе пр. 1557 и 781, которые имели при этом и существенно меньший коэффициент общей полноты). Там же было экспериментально доказано, что для ССП в диапазоне $6 < L/B < 12$ практически пропорционально росту L/B уменьшается удельное сопротивление (на единицу водоизмещения) и растет транспортная работа судна на единицу мощности. Таким образом, уже из испытаний 1974 г. [9] следовало, что необходимы исследования относительно более длинных (по сравнению с пр. 1557) корпусов ССП с санной формой кормы.

В работе Н.Г.Валько [3] было показано, что для ССП с $C_B = 0,80...0,88$ оп-

тимальным является U-образная форма носовых шпангоутов с прямым наклонным форштевнем, а для более полных – бульбовая носовая оконечность. Корма для ССП с $C_B > 0,88$ однозначно определялась как санная.

Б.М. Сахновский [11] отмечал, что рост C_B , характерный для ССП нового поколения, приводит к возникновению подпорной волны в районе форштевня, поэтому при $Fn > 0,19$ рекомендуется бульбовая носовая оконечность, однако при меньших скоростях применение бульба далеко не однозначно и является предметом специального исследования.

Целью статьи является нахождение оптимальной формы носовых обводов для судна класса «Волго-Дон макс» нового поколения (с $C_B > 0,88$ и кормой в форме «саней») в рамках реальных условий эксплуатации и принятых решений по главным размерениям и дедейту.

В качестве базы для анализа был использован концепт судна смешанного «река-море» плавания класса «Волго-Дон макс» (главный конструктор В.И.Тонюк) со следующими характеристиками:

Длина наибольшая L_{op} , м	140,00
Ширина B_{wl} , м	16,60
Осадка расчетная в реке T , м	3,60
Объемное водоизм. в реке ∇ , м ³	Ок. 7310

На судне предусмотрена дизельная энергетическая установка, обеспечивающая в расчетном режиме мощность на гребных валах ВРК 1020x2 кВт при 307 об/мин и скорость при эксплуатации не менее 10,5 уз (фактически на пересчитанных выше проектах достигается 11,0–12,0 уз).

Эксплуатация планируется в морских районах в соответствии с классом R2 или R1 и на внутренних водных путях европейской части РФ, включая Волго-Донской судоходный канал и Волго-Балтийский водный путь.

В качестве единых средств, обеспечивающих движение и управление, проектом предусмотрена установка двух полноповоротных ВРК SRP1012

Геометрические характеристики трех вариантов корпуса

Характеристика	Вариант		
	№ 1	№ 2	№ 3
Длина по ватерлинии L_{wl} , м	138,021	138,576	139,090
Ширина по ватерлинии B_{wl} , м	16,600	16,600	16,600
Осадка на мидель-шпангоуте T , м	3,600	3,600	3,600
Радиус скулы R , м	0,900	0,900	0,900
Водоизмещение объемное ∇ , м ³	7315,8	7310,5	7310,1
Водоизмещение весовое Δ , т	7315,8	7310,5	7310,1
Площадь смоченной поверхности S , м ²	3036,6	3046,5	3038,7
Площадь ватерлинии S_{wl} , м ²	2197,4	2188,3	2183,9
Площадь проекции на ДП S_{cl} , м ²	476,2	486,0	481,8
Площадь мидель-шпангоута S_m , м ²	59,4	59,4	59,4
Угол входа ватерлинии i_e , град.	47,2	38,0	36,5
Абсцисса центра величины (от середины L_{wl}) x_c , м	0,879	0,613	0,326
Абсцисса центра величины относительная l_{cb} , %	0,64	0,44	0,23
Площадь поперечного сечения бульба на НП $A_{нт}$, м ²	0,0	5,2	0,0
Возвышение центра тяжести площади бульба над ОП h_b , м	0,000	1,537	0,000
Погруженная площадь транца $A_{тр}$, м ²	3,6	3,6	3,6
Абсцисса центра цилиндрической вставки (от середины L_{wl}) x_{pmr}	-0,401	-2,014	-0,908
Длина цилиндрической вставки L_{pmr} , м	97,103	94,431	97,156
Длина цилиндрической вставки относительная (L_{pmr}/L_{wl}) l_{pmr}	69,4	67,5	69,4
Коэффициент общей полноты (при осадке 3,60 м) C_B	0,887	0,883	0,879
Коэффициент полноты площади ватерлинии C_{wp}	0,959	0,951	0,946
Коэффициент полноты площади мидель-шпангоута C_m	0,994	0,994	0,994
Коэффициент продольной полноты C_p	0,892	0,888	0,885
Отношение длины к ширине L_{wl}/B_{wl}	8,315	8,348	8,379
Отношение ширины к осадке B_{wl}/T	4,611	4,611	4,611

(производства фирмы «Schottel») с гребными винтами фиксированного шага (ВФШ) в направляющих насадках. ВРК модели SRP1012 оснащаются четырехлопастными ВФШ диаметром $D_p = 1,9$ м. Геометрические элементы лопастей ВФШ окончательно выбирает производитель с учетом информации о буксировочном сопротивлении корпуса судна и коэффициентах взаимодействия в системе «корпус–двигатель».

Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы по созданию облика перспективных судов внутреннего и смешанного плавания по ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы».

Для предварительного расчета ходкости взаимосвязь между геометрическими элементами лопастей и гидродинамическими характеристиками двигателей принята на основе данных систематических модельных испытаний винтов серии Ка 4-70 в направляющей насадке №19А Нидерландского института гидродинамики [15].

Рассмотрены три варианта теоретического корпуса судна смешанного река-море плавания, отличающиеся формой носовой оконечности:

- носовые обводы с наклонным форштевнем;
- бульбообразные носовые обводы;
- цилиндрические носовые обводы.

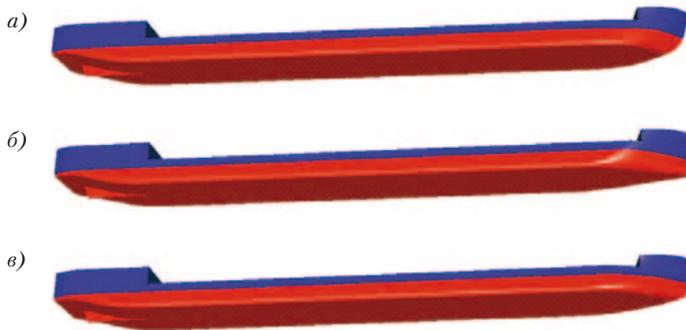


Рис. 1. Общий вид моделей корпусов: а–в – варианты №1, №2 и №3 соответственно

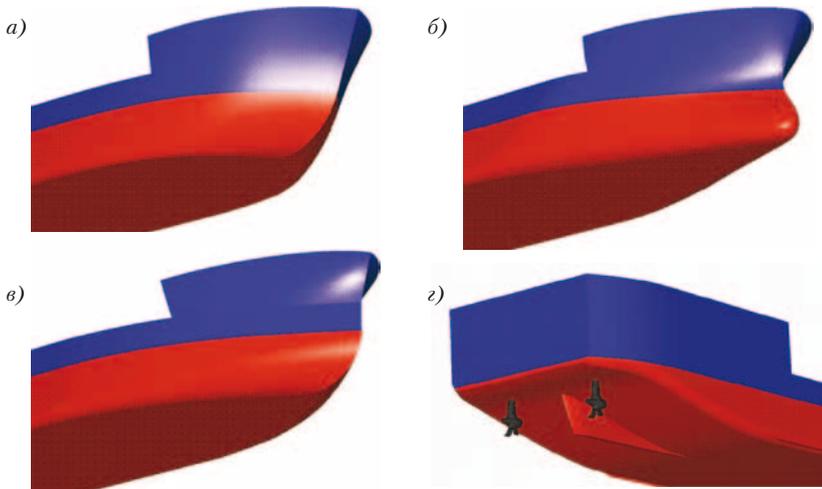


Рис. 2. Носовая оконечность моделей №1, №2 и №3 (а–в) и кормовая оконечность модели с выступающими частями (г)

Геометрические характеристики трех вариантов теоретического корпуса представлены в табл. 1.

Для численного исследования буксировочных характеристик судна методами автоматизированного проектирования в соответствии с исходными данными были выполнены 3D модели трех вариантов корпуса (рис. 1, 2). На рисунках подводная часть, погруженная при расчетной осадке в 3,6 м, окрашена красным цветом.

Для получения буксировочного сопротивления и номинального попутного потока в диске двигателя модель №3 была выполнена с выступающими частями (рис. 3). Кормовая оконечность – та же, что и для моделей №1, №2 (см. рис 2).



Рис. 3. Общий вид модели варианта №3 с выступающими частями и ее носовая оконечность

Моделирование буксировочных испытаний было выполнено А.В. Печенюком путем решения уравнений Навье-Стокса конечно-объемным методом в расчетной области, внутрь которой помещена 3D модель корпуса судна с помощью программного комплекса гидродинамического анализа FlowVision [6, 12].

Модель включала следующие уравнения гидродинамики:

1. Уравнение Навье-Стокса с учетом турбулентной вязкости в форме, предложенной Рейнольдсом, имеет вид

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla(V \otimes V) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) (\nabla V + (\nabla V)^T) \right),$$

где V – скорость; t – время; P – давление; ρ – плотность; μ – молекулярная вязкость; $\mu_t = C_\mu \rho \frac{\kappa^2}{\varepsilon}$ – выражение для турбулентной динамической вязкости в рамках стандартной κ - ε модели турбулентности (исходя из того, что при обтекании натурного судна локальные числа Рейнольдса достигают больших значений, для расчетов была принята стандартная модель турбулентности); κ – турбулентная энергия, которая определяется из уравнения

$$\frac{\partial \kappa}{\partial t} + \nabla(V \kappa) = \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) \nabla \kappa \right) + \frac{G}{\rho} - (\varepsilon - \varepsilon_{ini});$$

ε – параметр диссипации турбулентной энергии, определяемый из уравнения

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \nabla(V \varepsilon) = \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) \nabla \varepsilon \right) + \frac{\varepsilon}{\kappa} \left(C_1 \frac{G}{\rho} - C_2 (\varepsilon - \varepsilon_{ini}) \right);$$

ε_{ini} – начальное значение параметра (скорости) диссипации турбулентной энергии;

$$G = (\mu + \mu_t) \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \right);$$

$C_\mu = 0.09$, $C_1 = 1.44$, $C_2 = 1.92$ – эмпирические параметры модели.

2. Уравнение неразрывности $\nabla V = 0$.

3. Уравнение переноса функции заполнения

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \nabla V F = 0,$$

где F – специальная переменная (сокращенно от VoF, или Volume of Fluid), с помощью которой отслеживаются изменения свободной поверхности.

В областях, полностью занятых жидкостью, $F = 1,0$, в областях, полностью занятых газом, $F = 0$. На границе раздела двух фаз в каждой расчетной ячейке определяется доля объема, занятого жидкостью и газом, поэтому свободная поверхность в этом случае соответствует значению переменной $F = 0,5$.

Расчеты выполнялись в масштабе природы чтобы избежать влияния масштабных эффектов и процедур пересчета с модели на натуру.

Для возможности разделения сопротивления на составляющие различной природы выполнялись расчеты дублированной модели в потоке, ограниченном плоскостью симметрии на уровне ватерлинии модели.

В расчетах использовались координатная система обращенного движения, начальная турбулентность и другие параметры набегающего потока принимались на уровне естественных условий в потоке чистой воды при скорости, равной расчетной скорости судна.

На границах расчетной области были заданы соответствующие граничные условия (ГУ), выбранные так, чтобы не допустить влияния размеров зоны счета на гидродинамические характеристики модели судна. На поверхности модели использовано ГУ с логарифмическим законом для скорости. Общая схема расстановки ГУ в расчетной области с моделью судна представлена на рис. 4. Динамическое изменение посадки судна не учитывалось, так как относительные скорости находятся в диапазоне, при котором оно не оказывает заметного влияния на величину буксировочного сопротивления на тихой глубокой воде.

Расчитанные значения буксировочного сопротивления и мощности судна приведены в табл. 2, где V_s – скорость судна; F_n – число Фруда; R_n – число Рейнольдса; C_R – коэффициент остаточного сопротивления; C_T – коэффициент полного сопротивления; R_T – буксировочное сопротивление; P_E – буксировочная мощность.

На рис. 5 представлены для всех вариантов моделей зависимости коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда, на рис. 6 – зависимости коэффициента полного сопротивления от числа Фруда; на рис. 7 – зависимости полного сопротивления от скорости и на рис. 8 – зависимости буксировочной мощности от скорости.

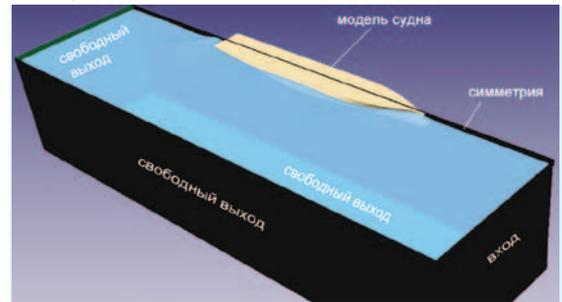


Рис. 4. Расчетная область и граничные условия

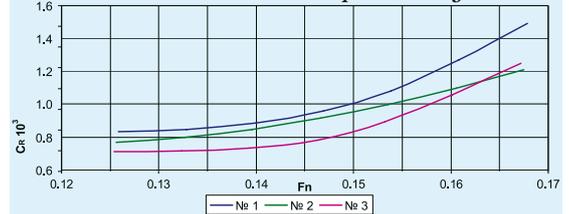


Рис. 5. Коэффициент остаточного сопротивления

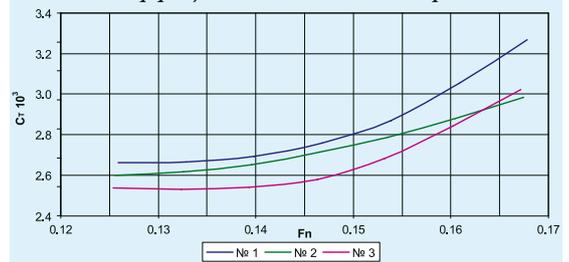


Рис. 6. Коэффициент полного сопротивления

Буксировочное сопротивление и мощность судна

Таблица 2

Буксировочное сопротивление и мощность судна										
Вариант № 1										
V_s , уз	F_n	$R_n \cdot 10^{-8}$	$C_R \cdot 10^3$	$C_{RD} \cdot 10^3$	$C_{Air} \cdot 10^3$	$C_A \cdot 10^3$	$C_T \cdot 10^3$	R_T , кН	P_E , кВт	
9,0	0,126	5,614	0,831	1,689	0,100	0,040	2,661	86,70	401,6	
9,5	0,133	5,925	0,847	1,678	0,100	0,041	2,666	96,79	473,3	
10,0	0,140	6,237	0,883	1,667	0,100	0,042	2,692	108,30	557,4	
10,5	0,147	6,549	0,959	1,656	0,100	0,043	2,758	122,33	661,2	
11,0	0,154	6,861	1,078	1,647	0,100	0,044	2,869	139,65	790,7	
11,5	0,161	7,173	1,271	1,637	0,100	0,045	3,054	162,47	961,7	
12,0	0,168	7,485	1,493	1,629	0,100	0,046	3,268	189,30	1169,2	
Вариант № 2										
9,0	0,126	5,636	0,769	1,689	0,100	0,040	2,598	84,92	393,4	
9,5	0,133	5,949	0,797	1,677	0,100	0,041	2,615	95,26	465,8	
10,0	0,140	6,262	0,844	1,666	0,100	0,042	2,652	107,04	551,0	
10,5	0,147	6,575	0,915	1,656	0,100	0,043	2,713	120,72	652,5	
11,0	0,154	6,889	0,997	1,646	0,100	0,044	2,787	136,11	770,7	
11,5	0,161	7,202	1,098	1,637	0,100	0,045	2,880	153,72	909,9	
12,0	0,167	7,515	1,209	1,628	0,100	0,046	2,983	173,35	1070,7	
Вариант № 3										
9,0	0,125	5,657	0,710	1,688	0,100	0,040	2,538	82,74	383,3	
9,5	0,132	5,971	0,714	1,676	0,100	0,041	2,532	91,97	449,7	
10,0	0,139	6,286	0,732	1,665	0,100	0,042	2,540	102,23	526,2	
10,5	0,146	6,600	0,780	1,655	0,100	0,043	2,578	114,40	618,3	
11,0	0,153	6,914	0,894	1,645	0,100	0,044	2,684	130,71	740,1	
11,5	0,160	7,228	1,059	1,636	0,100	0,045	2,840	151,21	895,0	
12,0	0,167	7,543	1,249	1,627	0,100	0,046	3,022	175,15	1081,8	

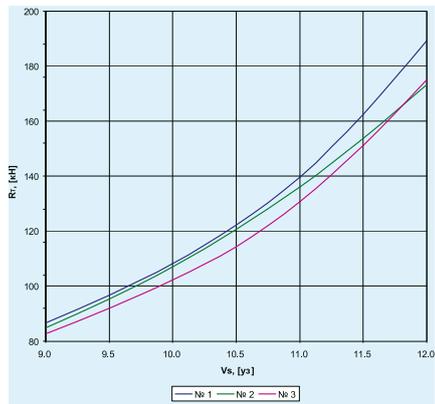


Рис. 7. Полное сопротивление судна

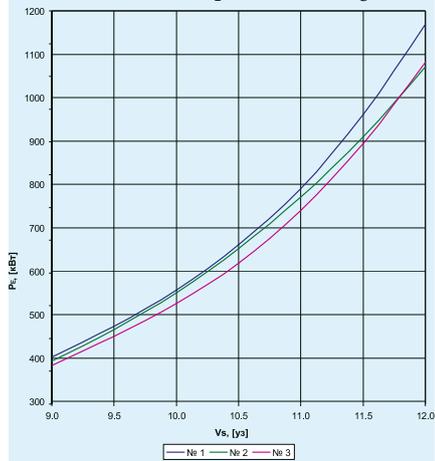


Рис. 8. Буксировочная мощность судна

На рис. 9 представлены составляющие полного буксировочного сопротивления модели № 3 в зависимости от скорости в процентном соотношении.

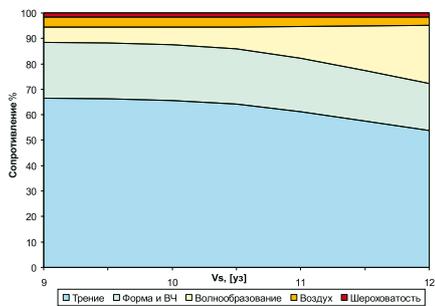


Рис. 9. Составляющие буксировочного сопротивления модели № 3 (ВЧ – выступающие части)

Представляют интерес примеры визуализации потока воды, обтекающего корпус судна при скорости 10,5 уз (рис. 10, 11).

На рис. 12 и 13 представлены векторы скорости у поверхности корпуса.

На рис. 14 и 15 представлено изображение свободной поверхности жидкости.

Для изучения условий работы движителей за корпусом модели № 3 с выступающими частями были выполнены замеры поля скоростей номинального попутного потока в дисках гребных винтов ВРК.

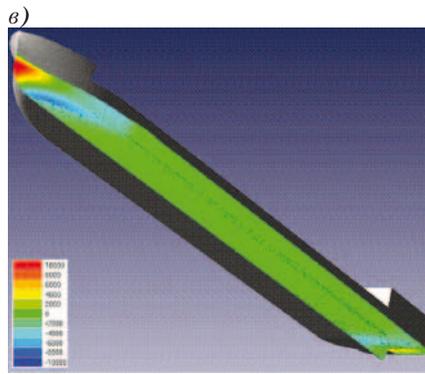
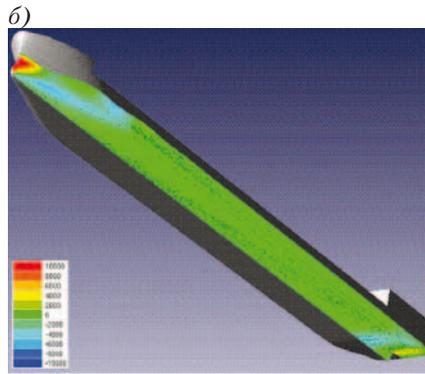
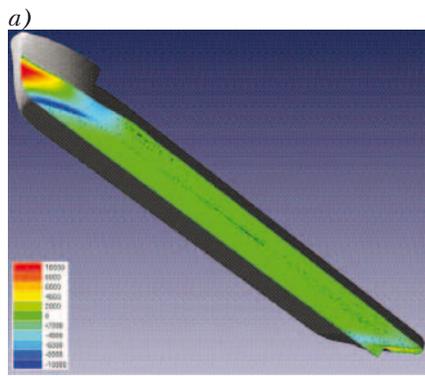


Рис. 10. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па): а–в – модели №1, №2, №3. Вид на нос.

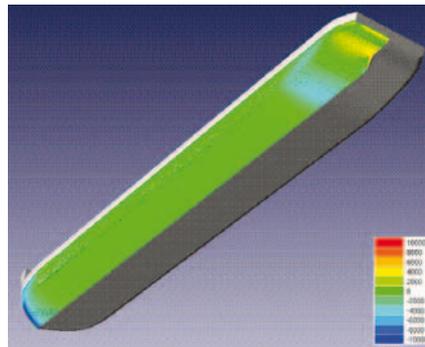


Рис. 11. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па) для модели № 1. Вид на корму.

Номинальный попутный поток может быть определен относительно ВРК в целом и относительно изолированного комплекса «винт–насадка». В первом случае попутный поток обусловлен только влиянием корпуса и выступающих частей, во втором – также влиянием обтекателей ВРК. Выбор подхода

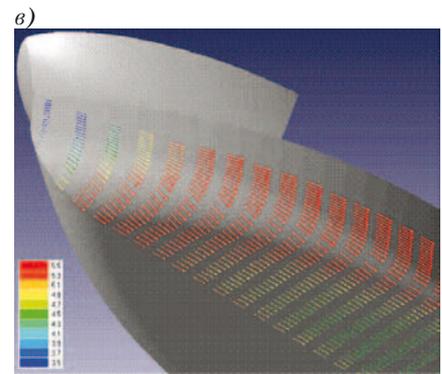
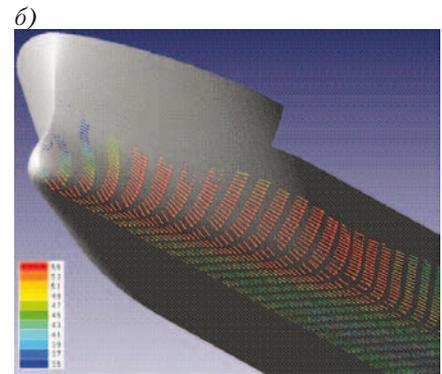
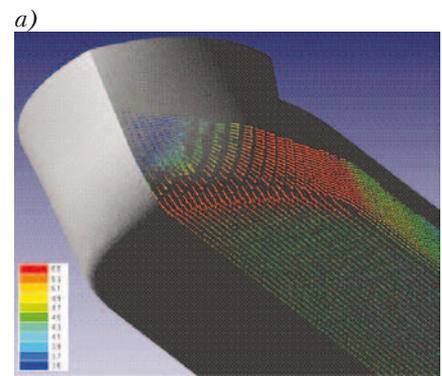


Рис. 12. Векторы скорости у поверхности корпуса (шкала в м/с) для моделей №1, №2, №3 (а–в)

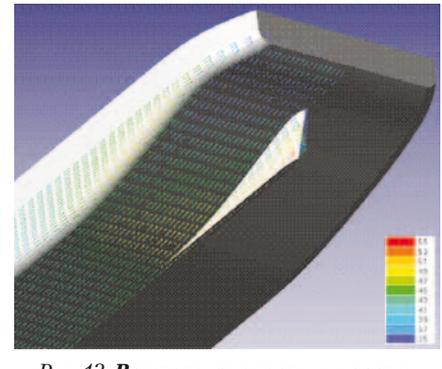


Рис. 13. Векторы скорости у поверхности корпуса (шкала в м/с) для модели № 1. Вид на корму.

зависит от того, какие исходные данные о гидродинамических характеристиках движителей в свободной воде используются в расчетах ходкости.

Как уже отмечено выше, расчеты ходкости выполнялись с использованием гидродинамических характеристик серийных винтов Ка 4-70 в направляющих насадках 19А. Поэтому рассматривался номинальный попутный поток,

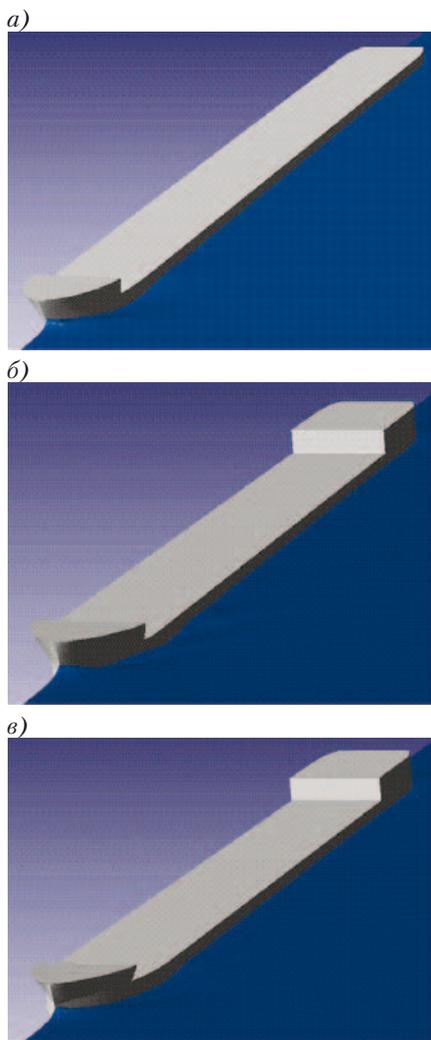


Рис. 14. Свободная поверхность. Вид на нос: а-в – модели № 1, №2, №3

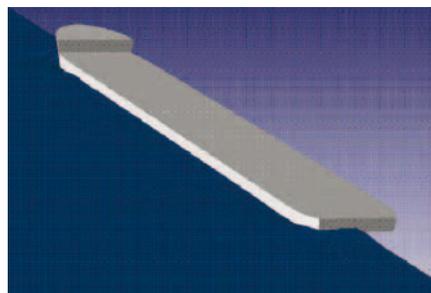


Рис. 15. Свободная поверхность. Модель № 1. Вид на корму.

измеренный относительно комплекса «винт-насадка» с учетом обтекателей ВРК как выступающих частей.

Распределение осевой относительной скорости V_A/V номинального попутного потока и векторы скорости в диске левого винта представлены на рис. 16.

Среднее по площади диска значение коэффициента ψ номинального попутного потока с учетом обтекателей ВРК, который действует на комплекс «винт-насадка», составляет 0,157. Оно и было принято в расчетах ходкости.

Взаимодействие между корпусом судна и движителем характеризуют коэффициент эффективного попутного

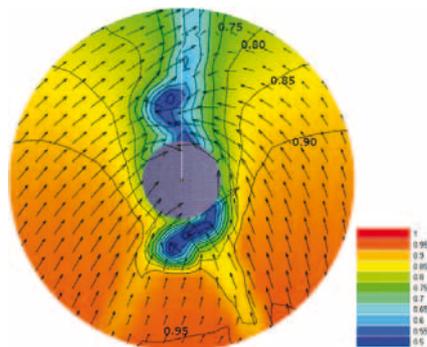


Рис. 16. Распределение осевой скорости V_A/V номинального попутного потока и векторы скорости в диске левого винта

потока W_T , коэффициент влияния неравномерности попутного потока на пропульсивный коэффициент i и коэффициент засасывания t_p . Коэффициент W_T приближенно определен на основе замеров номинального поля скоростей попутного потока в диске движителя: $W_T \approx \psi = 0,157$. Коэффициент i в расчетах ходкости принимался равным 1,000.

Наиболее сложно прогнозировать величину коэффициента засасывания t_p , поскольку она в общем случае может быть определена лишь из модельного или численного эксперимента, в котором непосредственно моделируется работа движителей за корпусом судна. Для отдельных типов судов с учетом особенностей их пропульсивного комплекса построены эмпирические зависимости между основными геометрическими параметрами корпуса и коэффициентами эффективного взаимодействия, а также между коэффициентом попутного пото-

ка и засасывания. Однако для судов с ВРК и в целом с азимутальными движителями подобные зависимости, широко апробированные в проектной практике, пока неизвестны.

В этих условиях величина коэффициента засасывания t_p оценена следующим образом: эмпирическая взаимосвязь между коэффициентами попутного потока и засасывания представлена Альте и Бауром [14] в виде $(1-t_p) = (1-W_T)^n$. Показатель степени n может варьироваться в зависимости от типа судна и пропульсивного комплекса, в [14] для судов традиционного типа предложены пределы $n = 0,4...0,8$. В нашем случае величина n определена с учетом данных оценки ходкости, выполненной специалистами компании «Schottel» для судна, близкого типа с ВРК – танкера проекта 005RST01. Согласно этим данным, $W_T = 0,20$, $t_p = 0,25$. Таким образом, $n = 1,289$. Коэффициент засасывания

$$t_p = 1 - (1 - W_T)^n = 1 - (1 - 0,157)^{1,289} = 0,198.$$

Поэтому для всех вариантов корпуса в расчетах ходкости использованы следующие коэффициенты взаимодействия: $W_T = 0,157$; $t_p = 0,198$; $i = 1,000$.

В табл.3 для каждого приведенного значения скорости хода определены шаговое отношение гребного винта и потребляемая им мощность N_p , которые обеспечивают достижение этой скорости. В табл. 3 приняты обозначения: T_p – упор гребного винта, K_{DT} – обратный коэффициент нагрузки движителя по упору при постоянном диаметре, P/D_p – шаговое отношение гребного винта, J –

Расчет оптимального винта и ходовых качеств

Таблица 3

Вариант № 1	V_s , уз	R_T , кН	T_p , кН	KDT	P/D_p	J	K_T	K_o	η_o	η_p	N_p , кВт
9,0	86,7	86,7	54,0	1,009	0,7763	0,4017	0,1584	0,0202	0,5023	0,4779	420,2
9,5	96,8	96,8	60,3	1,008	0,8256	0,4240	0,1769	0,0229	0,5211	0,4958	477,3
10,0	108,3	108,3	67,5	1,003	0,8778	0,4463	0,1979	0,0262	0,5373	0,5112	545,2
10,5	122,3	122,3	76,3	0,991	0,9358	0,4687	0,2235	0,0303	0,5509	0,5241	630,8
11,0	139,7	139,7	87,1	0,972	1,0014	0,4910	0,2552	0,0355	0,5612	0,5339	740,5
11,5	162,5	162,5	101,3	0,942	1,0806	0,5133	0,2969	0,0428	0,5668	0,5392	891,7
12,0	189,3	189,3	118,0	0,911	1,1705	0,5356	0,3459	0,0521	0,5662	0,5387	1085,2
Вариант № 2											
9,0	84,9	84,9	52,9	1,020	0,7710	0,4017	0,1552	0,0198	0,5006	0,4762	413,1
9,5	95,3	95,3	59,4	1,016	0,8212	0,4240	0,1741	0,0226	0,5201	0,4948	470,7
10,0	107,0	107,0	66,7	1,009	0,8743	0,4463	0,1956	0,0259	0,5368	0,5107	539,5
10,5	120,7	120,7	75,3	0,998	0,9314	0,4687	0,2206	0,0299	0,5506	0,5238	622,8
11,0	136,1	136,1	84,9	0,984	0,9920	0,4910	0,2487	0,0346	0,5612	0,5339	721,7
11,5	153,7	153,7	95,8	0,968	1,0577	0,5133	0,2809	0,0404	0,5685	0,5409	841,1
12,0	173,3	173,3	108,1	0,952	1,1286	0,5356	0,3168	0,0472	0,5722	0,5443	983,5
Вариант № 3											
9,0	82,7	82,7	51,6	1,033	0,7644	0,4017	0,1512	0,0194	0,4982	0,4740	404,3
9,5	92,0	92,0	57,3	1,034	0,8116	0,4240	0,1681	0,0219	0,5176	0,4924	456,6
10,0	102,2	102,2	63,7	1,033	0,8608	0,4463	0,1868	0,0248	0,5344	0,5084	517,5
10,5	114,4	114,4	71,3	1,025	0,9142	0,4687	0,2091	0,0284	0,5489	0,5222	592,1
11,0	130,7	130,7	81,5	1,005	0,9777	0,4910	0,2388	0,0333	0,5609	0,5337	693,4
11,5	151,2	151,2	94,3	0,976	1,0512	0,5133	0,2763	0,0397	0,5689	0,5412	826,9
12,0	175,1	175,1	109,2	0,947	1,1333	0,5356	0,3200	0,0477	0,5716	0,5438	994,7

относительная поступь гребного винта, K_T – коэффициент упора гребного винта, K_Q – коэффициент момента гребного винта, h_o – коэффициент полезного действия гребного винта в свободной воде, η_p – пропульсивный коэффициент.

На рис. 17 представлены результаты расчетов потребной мощности на винте N_p и располагаемая мощность для всех вариантов корпуса принята равной 1020 кВт.

Как видно, наибольшую скорость хода судна при заданной мощности обеспечивает корпус модели № 2. Вместе с тем в границах исследуемого диапазона скоростей 9–12 уз наименьшие затраты мощности требуются для модели № 3, что обеспечивает лучшие экономические показатели при эксплуатации.

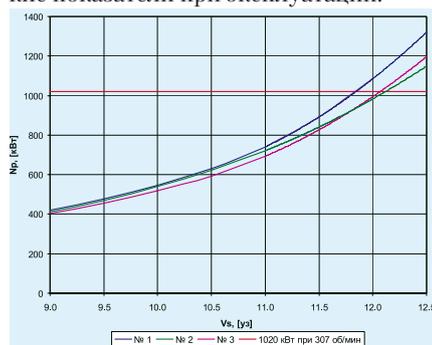


Рис. 17. Потребная и располагаемая мощность в зависимости от скорости

Значения скорости полного хода судна, согласно результатам выполненных расчетов, приведены в табл. 4.

Таблица 4
Скоростные качества судна

Характеристика	Вариант корпуса		
	№ 1	№ 2	№ 3
V_s , уз	11,85	12,11	12,07
n , об/мин	307		
Шаговое отношение винтов серии Ка 4-70 в насадке №19А P/D _p	1,1413	1,1456	1,1449

Согласно полученным результатам численных расчетов буксировочного сопротивления (см. рис. 7), вариант корпуса № 1 с наклонным форштевнем имеет в исследованном диапазоне скоростей наибольшее сопротивление, вариант № 3 с цилиндрическими обводами носа – наименьшее. Вариант корпуса № 2 с бульбообразными носовыми обводами занимает в пределах диапазона промежуточное положение, кривая его сопротивления у нижней границы диапазона ближе к варианту № 1, у верхней – смещается к кривой варианта № 3 и при скорости около 12 уз пересекает ее. При скоростях свыше 11,8 уз вариант корпуса № 2 имеет наименьшее буксировочное сопротивление. Ходовые качества судна в полной мере отражают приведенную картину буксировочного сопротивления.

Так как эти результаты получены для судна смешанного река-море пла-

вания с характерными соотношениями главных размерений, в них отражены особенности этого типа судов и условия применения на них носовых обводов трех рассмотренных вариантов. Также на результатах отразились и индивидуальные особенности судна, поскольку каждый тип носовых обводов рассмотрен без варьирования геометрических характеристик внутри самого типа.

Для судов с морские соотношениями главных размерений, имеются данные о систематических испытаниях моделей с различными носовыми обводами. Приведем здесь эти данные в виде кривых сопротивления (рис. 18), пересчитанные на натурные суда с таким же водоизмещением и площадью смоченной поверхности. Другие главные размерения отличаются от размерений исследованных ССП класса «Волго-Дон макс» из-за ограничений серии: $L/B = 8,2$, $B/T = 3,5$, $C_B = 0,85$. Модели испытаны с одинаковыми V-образными кормовыми обводами.

Из сравнения рис. 18 и рис. 7 видно, что кривые сопротивления моделей с наклонным форштевнем и цилиндрическими обводами имеют подобный вид и расположены относительно друг друга схожим образом; кривые корпусов с цилиндрическими и бульбообразными обводами аналогичным образом пересекаются, хотя и при меньшей скорости (около 10,4 уз).

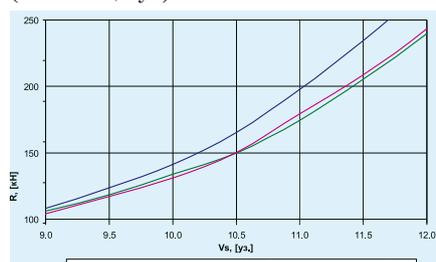


Рис. 18. Сопротивление морских судов с различными носовыми обводами

Можно сказать, что качественно результаты серийных испытаний моделей морских судов близки выводам об эффективности рассмотренных в работе типов носовых обводов, количественно же они дают существенно (порядка 40%) завышенные значения сопротивления. Это объясняется индивидуальными отличиями обводов и главным образом преимущественным (по сравнению с формой) влиянием соотношений главных размерений на гидродинамические свойства корпуса судна, что, в общем-то, и не позволяет корректно переносить статистическую информацию о морских судах на суда смешанного и внутренне-го плавания.

Рассмотренные в статье три варианта теоретической поверхности корпуса судна смешанного река-море плавания имеют носовые оконечности разного

типа. Каждый тип оказывает влияние не только на ходовые и мореходные качества судна, но и на технологичность изготовления наружной обшивки и в несколько меньшей степени набора. Наряду с ходовыми качествами технологическую сложность поверхности также целесообразно принимать во внимание при выборе варианта корпуса.

С позиций технологичности теоретическая поверхность корпуса может быть разделена на три категории:

плоская, не имеющая кривизны поверхности, наиболее удобная в технологическом отношении. Примыкающий к плоской обшивке набор является прямолинейным;

развертывающаяся, относящаяся к семейству поверхностей, имеющих кривизну лишь в одном направлении (например: цилиндрическая, коническая). Обшивка из развертывающейся поверхности удобна тем, что для ее изготовления не требуется учитывать растяжку листов-заготовок, детали обшивки математически точно развертываются на плоскость;

неразвертывающаяся – поверхность с кривизной в двух направлениях, формирующаяся при обычных лекальных обводах корпуса.

Данные о площади участков с поверхностью каждого типа в составе теоретической поверхности вариантов корпуса представлены в табл. 5.

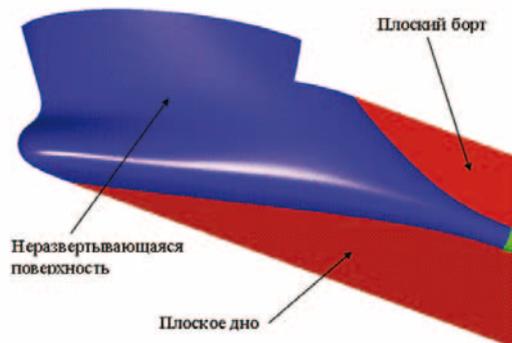
Из нее видно, что распределения площади поверхности вариантов № 1 и № 2 для корпуса в целом близки, а вариант № 3 имеет значительное преимущество, так как площадь неразвертывающейся поверхности у него примерно в 2 раза меньше за счет большого участка развертывающейся обшивки в носовой части. Эта развертывающаяся поверхность находится ниже слома цилиндрической (выше – конической), поэтому ее шанпоутные сечения представляют собой вертикальные прямые, что упрощает изготовление набора.

К тому же цилиндрические носовые обводы варианта № 3 являются по сути упрощенными. Бульбообразные носовые обводы (вариант № 2), как правило, имеют значительно худшие показатели технологичности, чем обводы с наклонным форштевнем (вариант № 1). Близкие показатели в нашем случае объясняются тем, что в носовых обводах варианта № 2 применено традиционное решение скулы с выделением участка плоского борта, плавно сужающегося от цилиндрической вставки в носовом направлении (рис. 19, а). У варианта № 1 плоский борт цилиндрической вставки заканчивается вертикальной линией на границе носовой оконечности (рис. 19, б). В результате у варианта № 1 значительно снижена площадь пло-

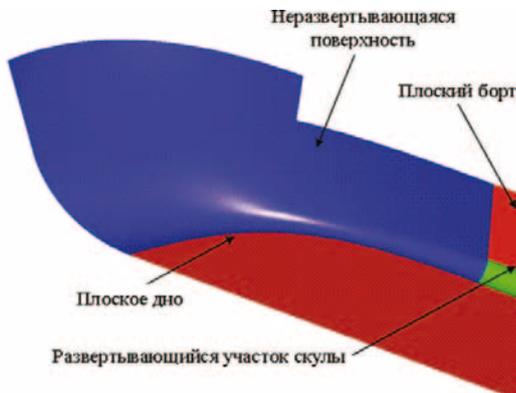
Распределение поверхности корпуса по типам

Часть корпуса	Тип поверхности	Вариант корпуса		
		№ 1	№ 2	№ 3
Носовая часть	Плоская	175,6	247,6	160,9
	Развертывающаяся	0,0	0,0	257,1
	Неразвертывающаяся	382,4	398,9	142,7
Цилиндрическая вставка	Плоская	2348,0	2289,9	2358,8
	Развертывающаяся	274,8	267,0	275,0
	Неразвертывающаяся	0,0		
Кормовая часть	Плоская	270,6		
	Развертывающаяся	418,8		
	Неразвертывающаяся	57,9		
Корпус в целом	Плоская	2794,2	2808,1	2790,3
	Развертывающаяся	693,6	685,8	950,8
	Неразвертывающаяся	440,3	456,7	200,6
Общая площадь поверхности		3928,1	3950,6	3941,6

а)



б)



в)

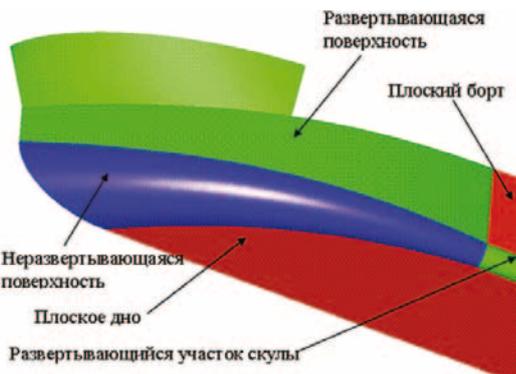


Рис. 19. Типы поверхности в носовой части моделей № 2, № 1 и № 3 (а, б, в соответственно)

ской поверхности и увеличена площадь развертывающейся. Решение скулы у варианта № 1 аналогично варианту № 3 (рис. 19, в), но в последнем случае окончание плоского борта вертикальной

линией оправдано тем, что это обеспечивает цилиндрическую форму развертывающейся обшивки.

ВЫВОДЫ

Исследования с помощью методов вычислительной гидромеханики оптимальной формы носовых обводов для нового поколения судна класса «Волго-Дон макс» (с коэффициентом общей полноты около 0,90 и кормой в форме «сапей») показали сделать следующее:

1. В заданном диапазоне скоростей хода 9–12 уз корпус с цилиндрическими носовыми обводами имеет лучший критерий транспортной работы судна на единицу мощности, т.е. экономические показатели.

2. Наибольшую скорость полного хода 12,11 уз при заданной мощности (две ВРК мощностью на гребных валах по $1200 \cdot 0,85 = 1020$ кВт) обеспечивает корпус с бульбообразными носовыми обводами. Скорость полного хода судна с цилиндрическими носовыми обводами составляет 12,07 уз, с наклонным форштевнем – 11,85 уз.

3. Испытания модели с наклонным форштевнем [7], проведенные под руководством Г.И. Каневского в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, показали скорость при

2040 кВт $11,8 \pm 0,7$ уз (по результатам CFD моделирования – 11,85 уз). Полученные по результатам буксировочных испытаний величины буксировочной мощности танкера смешанного река-мо-

ре плавания весьма удовлетворительно согласуются с прогнозом по CFD методу и свидетельствуют об отсутствии на корпусе судна значительных отрывных явлений.

4. Корпус с цилиндрическими носовыми обводами существенно более технологичен в постройке.

5. Полученные в работе результаты для ССП не противоречат имеющимся данным о морских судах с носовыми обводами таких же типов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Н.В., Штумф В.М. Экспериментальное исследование ходовых качеств судов с большой полнотой обводов. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1975, вып. 285.
2. Богданов Б.В. Морские и рейдовые баржи. – Л.: Судостроение, 1963. – 295 с.
3. Валько Н.Г. Проектирование многоцелевого сухогрузного судна смешанного плавания. – Одесса: Изд. ОИИМФ, 1993. – 70 с.
4. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
5. Он же. Выбор главных элементов сухогрузных и нефтеналивных судов смешанного «река-море» плавания // Судостроение. – 2004. – № 6. – С. 10–16.
6. Егоров Г.В., Станков Б.Н., Печенюк А.В. Опыт использования CFD-моделирования при проектировании пропульсивного комплекса судна // 36. науч. прац. НУК. – Миколаїв: НУК, 2007. – № 2. – С. 3–11.
7. Исследование ходовых и мореходных качеств танкера смешанного река-море плавания нового поколения. – Отчет о проведении науч.-исслед. работы ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2010, вып. 45583, 128 с.
8. Кацман Ф.М., Пустошный А.Ф., Штумф В.М. Пропульсивные качества морских судов. – Л.: Судостроение, 1972. – 512 с.
9. Проведение исследований и разработка технических материалов, обеспечивающих возможность повышения качества качества большегрузных судов внутреннего и смешанного плавания (река-море). – Техн. отчет ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 1974, вып. 16562, 235 с.
10. Проработка вариантов пропульсивного комплекса судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» / Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий, Б.Н. Станков, А.А. Печенюк // Морской вестник. – 2011. – № 2 (38). – С. 101–106.
11. Сахновский Б.М. Разработка методологии обоснования проектных характеристик судов смешанного и внутреннего плавания с учетом доминирующих факторов эксплуатации: Автореф. дисс. на соискание степени д-ра техн. наук: 05.08.03 / СПбГМТУ. – СПб., 2006. – 38 с.
12. Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. Руководство пользователя. – М.: ТЕСИС, 2006 – 248 с.
13. Турбал В.К., Шпаков В.С., Штумф В.М. Проектирование обводов и движителей морских транспортных судов. – Л.: Судостроение, 1983. – 304 с.
14. Alte R., Baur M.V. Propulsion. Handbuch der Werften // Hansa. – 1986. – Vol. XVIII. – P. 132.
15. Oosterveld M.W.C. Wake Adapted Ducted Propellers. – NSMB Wageningen Publication No. 345, June 1970. ■

Одним из перспективных типов технологических платформ для обустройства глубоководных районов континентального шельфа являются различные плавучие сооружения, имеющие якорную и (или) тросовую систему удержания. Опыт эксплуатации таких сооружений на чистой воде выявил существенное влияние динамических свойств указанных объектов на величину воспринимаемых ими и системой удержания нагрузок, на их кинематику движения и перемещения [1]. На изучение динамических свойств заякоренных объектов, эксплуатируемых на чистой воде, были направлены значительные усилия ученых и инженеров различных стран. Поэтому, когда было принято решение о возможности использования заякоренных сооружений в ледовых условиях, возникла необходимость учета их динамических свойств. Тем не менее в модельных экспериментах, выполненных в ледовом опытовом бассейне с моделями платформ типа SPAR и BUOY и турельного судна, динамическим эффектам должного внимания не уделялось [2, 3]. Из-за этого динамические свойства заякоренных объектов изучались только методами математического моделирования [4, 5]. На основании результатов, полученных в этих работах, были сделаны выводы о влиянии динамичности объектов с якорной системой удержания на их ледовые качества, а также было сформулировано предложение внести в Правила Регистра нормы об обязательном проведении расчетов ледовой нагрузки для таких сооружений по предложенной программе.

Рассмотрим результаты работ [4, 5] более подробно. В них для интегрального описания динамических эффектов введены коэффициенты динамичности. По замыслу авторов, с помощью этих коэффициентов можно определить динамическую ледовую нагрузку на сооружение и динамические натяжения в связях по имеющейся информации о квазистатической нагрузке на неподвижное сооружение. Коэффициенты динамичности предлагается вычислять следующим образом:

$$k_{d1} = \frac{F_{\max,V}}{F_{\max,0.05}}; \quad (1)$$

$$k_{d2} = \frac{P_{\text{моор},V}}{F_{\max,0.05}}, \quad (2)$$

где $F_{\max,V}$, $F_{\max,0.05}$ – максимальное значение ледовой силы, действующей на сооружения при скорости дрейфа льда V и $0,05$ м/с соответственно; $P_{\text{моор},V}$ – реакция в связях при скорости дрейфа льда V .

Из структуры коэффициентов динамичности следует, что их величина остается постоянной при постоянстве основных факторов, определяющих процесс взаимодействия (скорость дрейфа, толщина льда, геометрические характеристики тороса и т.п.). Именно это постоянство позволило расчетным путем получить зависимости коэффициентов от скорости движения льда, которые предлагается использовать при оценке ледовой нагрузки и натяжения в связях.

На наш взгляд, предложенные коэффициенты не совсем удачны. Дело в том, что в них смешано влияние кинематических и динамических эффектов. Прежде всего, это замечание относится к коэффициенту k_{d1} , который должен определять ледовую нагрузку на сооружение. Хорошо известно, что ледовая нагрузка зависит от скорости относительного движения взаимодействующих тел [6], поэтому этот

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАЯКОРЕННЫХ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ЛЕДЯНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

К.Е. Сазонов, д-р техн. наук,

*Н.Ю. Клементьева, канд. техн. наук, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова»,
контакт. тел. (812) 723 6023*

коэффициент описывает скорее кинематические, чем динамические эффекты. Динамические же эффекты определяются в первую очередь влиянием инерционных свойств изучаемых объектов на величину действующих на них нагрузок. Увеличение ледовой нагрузки, вызванное возрастанием скорости дрейфа льда, можно зафиксировать для стационарных сооружений, у которых невозможно проявление динамических эффектов.

Структура коэффициента k_{d2} также не совсем удачна. С одной стороны, усилия в связях сопоставляются с ледовой нагрузкой, что в принципе позволяет выделить влияние инерционности объекта. С другой стороны, в качестве ледовой нагрузки выбрано максимальное значение квазистационарной нагрузки, соответствующей скорости дрейфа льда $0,05$ м/с. Как следует из вышесказанного рассуждений, в этом случае не учитывается влияние скорости. Поэтому и этот коэффициент не может быть использован для выявления и учета динамических эффектов.

Еще одним общим недостатком коэффициентов, определяемых формулами (1) и (2), является сравнение динамической нагрузки с максимальной квазистационарной нагрузкой, которая определяется при скорости дрейфа льда $0,05$ м/с. Такое определение ориентируется исключительно на численные методы нахождения величины $F_{\max,0.05}$, что ограничивает возможность использования результатов, так как не для всех форм ледостойких платформ в настоящее время возможно проведение корректных расчетов. В модельном эксперименте определить эту нагрузку крайне сложно. Дело в том, что заякоренные объекты обычно имеют довольно значительные геометрические размеры, поэтому их модели изготавливаются в масштабе 1:50 и меньше. В соответствии с критериями моделирования в модельном эксперименте скорость должна быть уменьшена в 7 раз и более. Столь малые скорости трудно воспроизвести в модельном эксперименте. Кроме этого, при таких малых скоростях возможно проявление неупругих свойств моделированного ледяного покрова, связанных с кратковременной ползучестью.

Физическое объяснение зафиксированных в работах [4,5] динамических эффектов также вызывает некоторые сомнения. В качестве основной причины их возникновения называется совпадение собственных частот заякоренных сооружений с частотой ледового воздействия. Другими словами, авторы трактуют динамические эффекты как некоторые резонансные явления. В большей степени эти эффекты проявляются при взаимодействии сооружений с торосами. Утверждается, что степень влияния динамических эффектов определяется отношением собственной частоты продольно-горизонтальных колебаний заякорен-

ного объекта к некоторому эквивалентному времени взаимодействия с торосом. Эквивалентное время \bar{T} определяется следующей формулой:

$$\bar{T} = \frac{w_{ridge} + X_{st}}{k_f k_{ni} v_{ice}}, \quad (3)$$

где v_{ice} – скорость движения тороса; w_{ridge} – ширина тороса; X_{st} – смещение сооружения с принятой системой удержания под действием максимальной нагрузки, соответствующей действию тороса на неподвижное сооружение; k_f – коэффициент, учитывающий формы тороса и сооружения; k_{ni} – поправочный коэффициент нелинейности жесткостной характеристики системы удержания.

В работе [4] приведены графики зависимости коэффициента k_{d2} для сооружения корабельного типа и конической платформы от величины T_0/\bar{T} , где T_0 – период собственных колебаний заякоренного объекта. На этих графиках хорошо видно, что наибольшие значения k_{d2} группируются в окрестностях значений $T_0/\bar{T} \approx 1$ (см. рис.1). Аналогичный график получен и для конической платформы. При выполнении расчетов принималось, что $k_f = 0,77$ и $k_{ni} = 0,5$. При анализе указанных результатов вызывает некоторое сомнение возможность использования одного и того же значения коэффициента k_f для объектов со столь различной формой корпуса.

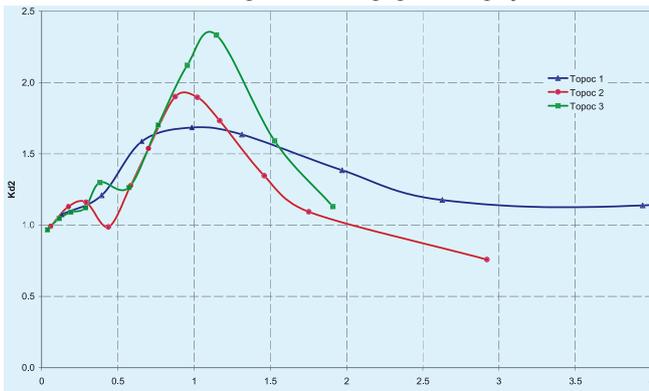


Рис.1. Зависимость k_{d2} от величины T_0/\bar{T} для сооружений корабельного типа [4]

На наш взгляд, такое объяснение динамических эффектов резонансными явлениями не совсем правомерно, особенно для случая взаимодействия сооружения с торосом. Явление резонанса подразумевает наличие вынуждающей силы, которая воздействует на объект с некоторой частотой. В теории колебаний показывается, что явление резонанса может возникнуть только при накоплении эффекта от последовательных периодических воздействий [7]. В случае воздействия тороса на заякоренное сооружение имеет место единичное воздействие, которое вызвать резонансные явления не может.

Приведенные выше замечания подтверждаются результатами прямых измерений динамических свойств модели заякоренного турельного судна, которые были выполнены в ледовом бассейне ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова [8]. В ходе проведенных экспериментов отдельно измерялись ледовая нагрузка, действующая на корпус модели, и силы натяжения в связях, имитирующих якорную систему удержания. Сопоставление экспериментальных данных, зафиксированных разными динамометрами, позволяет сделать некоторые выводы о динамических свойствах турельного судна.

На рис. 2 приведены временные зависимости ледовой нагрузки, действующей на корпус модели, и суммарного усилия натяжения связей. Эксперимент, в ходе которого были получены эти зависимости, состоял в том, что модель, буксируемая

тележкой с помощью имитации якорной системы удержания, последовательно протаскивалась через две торосистые гряды. Эти гряды отличались глубиной кия тороса: первый торос имел меньшую глубину, второй – большую. Максимальная сила воздействия первого тороса была зафиксирована примерно на 30-й секунде, а от второго на 150-й секунде. Эксперимент проводился по схеме обращенного движения, поэтому модель протаскивалась через торосы.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, позволяет сделать вывод о постоянном несовпадении величины ледовой нагрузки с соответствующей проекцией суммарной силы натяжения в связях. Это расхождение может возникнуть только за счет явного динамического эффекта – действия силы инерции. При взаимодействии с моделированным торосом скорость движения модели (обращенное движение) уменьшается, при этом возникает сила инерции, направленная в сторону движения модели. Эта сила разгружает систему удержания.



Рис. 2. Ледовая нагрузка и продольная проекция суммарного натяжения в связях при взаимодействии модели с торосистыми образованиями

На основании данных рис. 2 можно определить величину действующей на модель инерционной силы F_{in} :

$$F_{in}(\cdot) = F_l(\cdot) - \sum_{i=1}^4 T_i(\cdot) \cos(\cdot), \quad (4)$$

где F_l – ледовая сила; T_i – натяжение в i -й связи; \cos – соответствующие направляющие косинусы.

На рис. 3 приведена зависимость силы инерции от времени. Результаты, полученные при прохождении модели через торосистые гряды, позволяют выполнить оценку ускорений, возникающих при ее взаимодействии с торосом. Ускорение может быть рассчитано по формуле

$$a = \frac{F_{in}}{M(1+k_{11})}, \quad (5)$$

где M – масса модели, $k_{11} = 0,3$ – коэффициент присоединенной массы воды. Для судового корпуса коэффициент k_{11} часто принимают равным 0.

В данном случае величина 0,3 принята для учета особенностей корпуса, связанных с расположением на нем турели. На рис. 4 приведены результаты расчетов ускорения.

Анализ данных, представленных на рис. 4, показывает, что даже при взаимодействии с большими торосами возникающее ускорение торможения не превышает $0,015 \text{ м/с}^2$. Однако величина инерционной силы может быть при этом достаточно большой, поскольку общая масса модели велика.

Обнаруженные в ходе описанных экспериментальных исследований динамические эффекты связаны только с проведением инерционных свойств изучаемых объектов. Ни в одном из экспериментов явления близкие к резонансу не наблюдались.

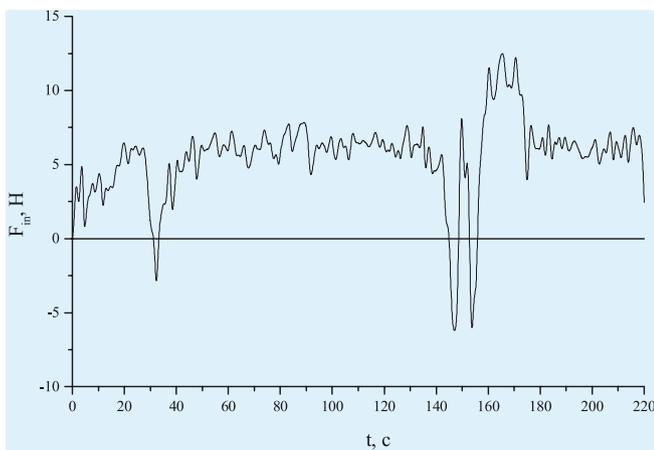


Рис. 3. Временная зависимость силы инерции

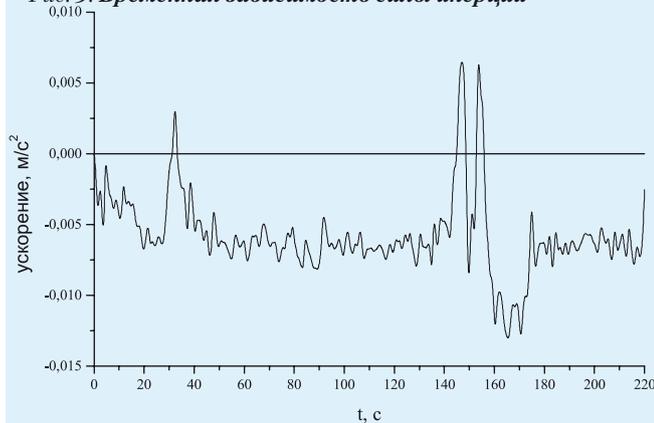


Рис. 4. Временная зависимость ускорения

Представлялось интересным сравнить полученные экспериментальные результаты с данными численных экспериментов, изложенных в работах [4, 5]. Для этого по экспериментальным данным (см. рис. 2) были вычислены значения коэффициентов динамичности по формулам (1) и (2). Величина $F_{\max,0.05}$ определялась путем экстраполяции экспериментально определенной зависимости максимальной нагрузки при взаимодействии с торосом от скорости дрейфа льда (рис. 5). Полученные данные экстраполировались для получения ледовой нагрузки при скорости 0,006 м/с, что соответствует модельному значению требуемой скорости. Результаты определения коэффициентов представлены в таблице.

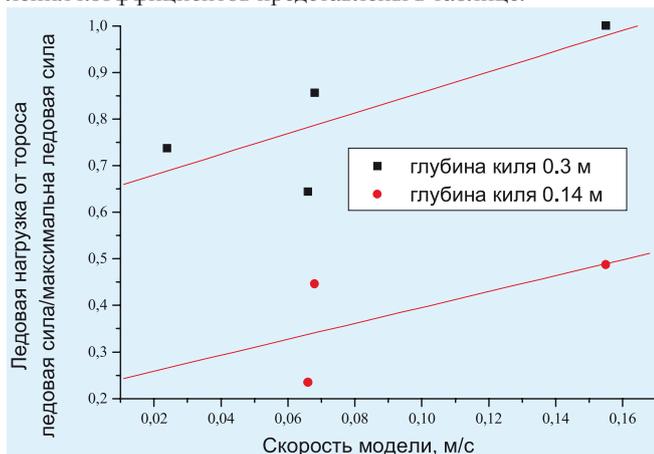


Рис. 5. Экспериментальные зависимости максимальной ледовой нагрузки на турельное судно от действия торосов

Сопоставление данных таблицы с графиками, приведенными в работах [4, 5], показывает их несовпадение. Так для сооружения корабельной формы расчетная величина коэффициента k_{d1} для любого тороса не превышала 1,2. При рас-

Таблица
Значения коэффициентов динамичности, определенные по экспериментальным данным. Скорость дрейфа – 0,57 м/с

Торос	k_{d1}	k_{d2}
Небольшой	1,78	1,65
Большой	1,3	1,25

смотренной скорости дрейфа льда расчетная величина коэффициента $k_{d2} \approx 1$. Полученные в эксперименте значения коэффициентов при расчетах достигаются только при очень высоких скоростях дрейфа льда (более 1,2 м/с).

По нашему мнению, приведенный в таблице коэффициент k_{d1} характеризует зависимость ледовой нагрузки на сооружение от скорости дрейфа льда, т.е. никакого отношения к динамическим эффектам не имеет. Коэффициент k_{d2} сам по себе не характеризует динамичность объекта. Только сравнение одного коэффициента с другим может выявить роль сил инерции. В рассмотренном эксперименте она составляет 7 и 4% для небольшого и большого торосов соответственно.

Результаты сопоставления позволяют предположить, что используемая для проведения расчетов математическая модель не совсем адекватно описывает физические процессы, происходящие при взаимодействии заякоренных сооружений со льдом, в частности с торосистыми образованиями.

Показано, что использование расчетных методов для изучения динамических свойств заякоренных объектов преждевременно. Наиболее полную информацию о поведении таких сложных объектов в ледовых условиях можно получить только в ходе модельного эксперимента в ледовом опытовом бассейне. Численные же методы могут быть эффективно использованы при анализе результатов модельного эксперимента и при внесении в них коррекции, связанной с необходимостью учета неизбежных отклонений физико-механических характеристик льда от заданных техническим заданием с неполным соответствием жесткостных характеристик модельных связей натурным якорным системам удержания и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морские инженерные сооружения. – Ч.1: Морские буровые установки: Учеб./ Под. общ. ред. В.Ф.Соколова. – СПб.: Судостроение, 2003. – 535 с.
2. Карулин Е.Б., Карулина М.М., Клементьева Н.Ю., Сазонов К.Е., Курпеев В.В., Чернецов В.А. Модельные исследования взаимодействия со льдом платформ, предназначенных для Штокмановского ГКМ // Газовая промышленность. – 2007. – № 10. – С.70–73.
3. Сазонов К.Е., Кайтанов Ю.С., Клементьева Н.Ю. Сравнительный анализ характеристик различных вариантов морской технологической платформы для ШГКМ на основе результатов модельных экспериментов. – Тр. 9-й Международ. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2009), 15 – 18 сентября СПб. – СПб.:Химиздат, 2009. – Т.1. – С.160–164.
4. Шхинец К.Н., Большев А.С., Фролов С.А. Проблемы динамики взаимодействия ледовых образований с плавучими заякоренными сооружениями. – Тр. 9-й Международ. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа СНГ (RAO/CIS Offshore 2009), 15 – 18 сентября СПб. – СПб.:Химиздат, 2009. – Т.1. – С. 112–118.
5. Шхинец К.Н., Балагура С.В., Большев А.С., Фролов С.А. Математическое моделирование воздействия ровного льда и торосов с заякоренными плавучими сооружениями типа FPU и платформами типа SPAR. – Науч.-техн. сб. РМРС, 2009, № 32, с.93–108.
6. Лосет С., Шхинец К.Н., Гудмestad О., Хойланд К. Воздействие льда на морские и береговые сооружения. – СПб.: Лань, 2010. – 272 с.
7. Горелик Г.С. – Колебания и волны. – М.: Физматгиздат, 1959, 572 с.
8. Сазонов К.Е., Клементьева Н.Ю. Экспериментальное исследование динамики турельного судна при взаимодействии со льдом. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2011, вып. 63 (в печати). ■

Обеспечение надежности – одна из сложных проблем безопасности эксплуатации судов активного ледового плавания. Традиционный подход решения этой проблемы основан на совершенствовании конструктивной защиты корпусов в районах воздействия льда. Другой подход состоит в поиске эффективных направлений решения этой проблемы за счет использования бортовых интеллектуальных систем (ИС). Исследования, проведенные в НПО «Полярная звезда» по договорам с ФГУП «Адмиралтейские верфи», показали, что наиболее рациональный путь решения этой проблемы возможен только на базе синтеза классических методов с новыми информационными технологиями и учетом человеческого фактора как определяющего элемента функционирования человеко-машинных систем [1–21].

Современные информационные технологии позволяют на принципиально новой основе построить бортовые системы постоянного инструментального мониторинга параметров прочности и вибрации судов активного ледового плавания. Концепция создания таких систем включает реализацию интегрированной системы, объединяющей достоинства методов и средств обработки информации в сложных динамических средах. Комплекс мероприятий по повышению эксплуатационной надежности судов охватывает совместное использование новейших достижений в области строительной механики корабля с интеллектуальными технологиями анализа и интерпретации экспериментальных данных (рис. 1).

Проблема мониторинга ледовой прочности с использованием достижений современных информационных технологий в последние годы широко обсуждалась на отечественных и международных научно-технических конференциях. Наибольший практический интерес вызвали доклады на конференциях и симпозиумах в Италии, Японии и США, представленные НПО «Полярная звезда» совместно с ФГУП «Адмиралтейские верфи» [16–18]. В этих докладах изложены концепция и подход к построению бортовой системы мониторинга прочности и вибрации судов

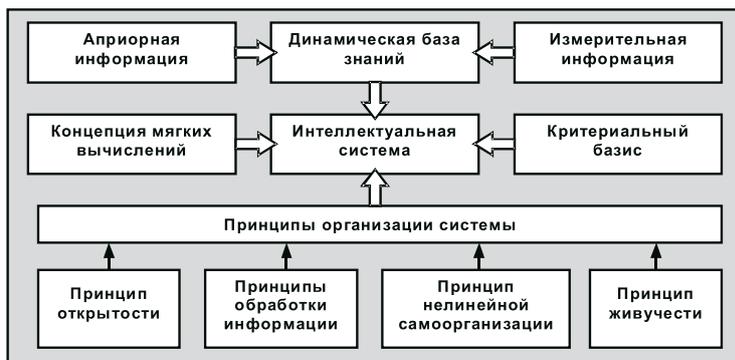


Рис. 1. Концепция разработки бортовой ИС новых поколений

АДАПТИВНЫЙ ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ СУДОВ АКТИВНОГО ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

А.П. Матлах, д-р техн. наук, проф.,
Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.,
В.И. Поляков, д-р техн. наук, проф., НПО «Полярная звезда»,
 контакт. тел. (812) 757 1222

активного ледового плавания на базе концепции и теоретических принципов обработки и интерпретации информации в бортовых ИС новых поколений.

Развитие ведется в направлении разработки измерительной и вычислительной технологии, обеспечивающих повышение надежности функционирования ИС за счет расширения функциональных возможностей системы:

- расширение возможностей измерительной системы: помимо датчиков, установленных в зоне контакта, предусматривается датчик прогнозирования толщины и структуры ледового поля в носовой части судна;
- разработка алгоритмов и программного обеспечения анализа и прогноза динамики взаимодействия судна с внешней средой в ледовых условиях на основе информации, поступающей с датчика прогноза ледовой обстановки около судна.

Рассматриваемые в настоящей статье концепция и теоретические принципы повышения надежности контроля динамики судна предусматривают привлечение методов прогнозирования экстремальных ситуаций, возникающих при движении судна в ледовом поле, с целью предупреждения возникновения опасных напряжений и вибрации судов ледового плавания.

ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Основная цель интеграции интеллектуальных технологий при построении логической системы знаний ИС – обеспечение быстрой и надежной интерпре-

тации текущей ситуации с целью выработки практических рекомендаций для принятия обоснованного решения при управлении судном в ледовых условиях. В процессе решения задачи требуется разработать технологию преобразования информации, обеспечивающую заданное время реализации с учетом особенностей исследуемой ситуации, принятых допущений и упрощающих предположений. Приведенные ниже методы и модели позволяют расширить круг рассмотренных интерпретаций текущих ситуаций с учетом нового подхода к построению измерительной системы и интеллектуальных технологий формализации и обработки информации.

Формальная модель ИС. Функциональный анализ прикладных систем, основанных на знаниях, осуществляется в рамках международного стандарта IDEFO. Такая методология позволяет представить формальную модель интегрированной системы интеллектуальной поддержки оператора ИС в нотации стандарта IDEFO в виде следующей обобщенной структуры (рис. 2):

$I(S) = \langle F(S), D(W), U(PC) \rangle$, (1)
 где $F(S)$ – функциональные компоненты; $D(W)$ – обобщенная база данных; $U(C)$ – управляющий программный комплекс.

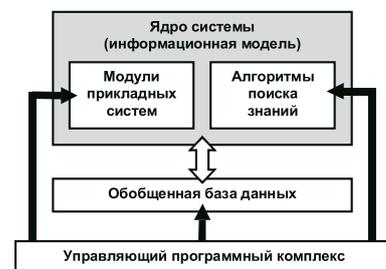


Рис. 2. Архитектура системы интеллектуальной поддержки оператора ИС

В структуре (1) функциональными компонентами $F(S)$ являются исполнительные и служебные модули, обеспечивающие совместную работу объединяемых систем. Каждая из прикладных систем представляет собой класс задач интеллектуальной поддержки.

В процессе совместной работы объединяемые модули $M_i (i = 1, \dots, m)$ взаимо-

действуют с обобщенной базой данных D(W) с помощью служебных модулей, функции которых состоят в выборе из базы данных необходимых для своей работы данных и в размещении в ней результатов выполненного анализа. Управляющий программный комплекс U(PC) обеспечивает функционирование интегрированной системы I(S) на основе программных средств.

В качестве модели разработки программной среды служит спиральная модель Бозма [8]. Отдельные фазы процесса в этой модели «прокручиваются» на постепенно повышающихся уровнях иерархии (рис. 3). Результатом разработки является не только программный код, но и его представление на более высоком уровне. Это особенно важно для сложных ИС, в которых программное обеспечение эволюционирует.

Рассмотренное направление ассоциирует с проектированием программного обеспечения на основе объектно-ориентированного подхода, особенно MERISE и Shlaer-Mellor. В рамках данного подхода проектирование интерпретируется как процесс в пространстве трех измерений: статика–динамика–алгоритмы. При этом жизненный цикл похож на виток спирали Бозма, но включает другие стадии.

Первая из них связана с осью «статика» и предполагает идентификацию и описание объектов проектируемой программной системы. Вторая стадия – «динамика» – служит для описания поведения каждого объекта в ответ на внешние запросы и выдает совокупность жизненных циклов всех введенных объектов. Затем проектируются «алгоритмы» реализации действий, специфицируемых на предыдущей стадии.



Рис. 3. Спиральная модель Бозма

На заключительной стадии осуществляется валидация спроектированной системы на полноту и функциональное соответствие исходной задаче. Процесс детального планирования разработки и отладки программной системы интеллектуальной поддержки оператора при контроле динамики судна обеспечивается традиционными методами сетевого планирования. Более глубокий анализ и возможность прогнозирования динамических характеристик программной системы реализован на основе средств формально моделирования процессов разработки, включая производственные системы.

Реализация концепции программирования, обеспечивающей организацию и принципы функционирования системы обработки информации при интеллектуальной поддержке компонент бортовой ИС базируется на современных информационных технологиях формализации знаний в совокупности обеспечивая новые признаки, среди которых следует выделить:

- адаптивность под современный уровень накопленных знаний, определяемый развитием науки, техники и технологий в задачах контроля динамики судна в сложных условиях эксплуатации в ледовой обстановке (профессиональная квалификация разработчика ИС);
- возможность получения аргументированной аналитической информации для обоснованного принятия решений по обеспечению безопасности судна в текущей ситуации (возможности адаптивной компоненты ИС).

Такая организация интегрированной программной среды позволяет обеспечить качественно новые возможности использования информационных технологий при принятии решений в сложной проблемной области, связанной с созданием надежных средств навигации и технологий освоения континентального шельфа (рис. 4).



Рис. 4. Модульная структура программного комплекса

Программная среда включает следующие основные модули:

- графический пользовательский интерфейс к ресурсам управляющей компоненты, содержащей графические предметно-ориентированные средства для подготовки и анализа данных;
- управляющий модуль, включающий менеджер задач для обеспечения доступа к информационному обеспечению системы;
- базу знаний, обеспечивающую поддержку функционирования системы и возможностей ее расширения за счет включения новых задач и алгоритмов обработки информации.

Управляющий модуль является ядром программной системы и предназначен для выполнения последовательности

операций при анализе и интерпретации текущих (особенно нештатных и экстремальных) ситуаций. Выполняя основную функцию управления процессом функционирования программного комплекса, управляющий модуль открывает доступ к разработанному информационному обеспечению системы и реализуется с помощью менеджера задач.

Менеджер задач (рис. 5) обеспечивает централизованное управление задачами, определяющими информационную среду моделирования. На основе объектно-ориентированного подхода менеджер задач регистрирует выполняемые задачи в базе данных задач, обеспечивает управление рабочими директориями задач в файловой системе, осуществляет контроль их жизненного цикла, организует взаимодействие с системой распараллеливания задач. Для унификации взаимодействия параллельных процессоров с менеджером задач используется система распараллеливания.



Рис. 5. Фрагмент структуры базы знаний менеджера задач

Информация обо всех задачах, поддерживающих функционирование программного комплекса, хранится в базе данных менеджера задач, созданной совместно с базой знаний вычислительной системы. Для связи этой структуры с модулями управляющего модуля используются процедуры средств управления базой данных. Применение базы данных менеджера задач обеспечивает расширение возможностей многопроцессорной вычислительной системы путем добавления новых и замены устаревших алгоритмов обработки информации без модификации менеджера задач. Графический интерфейс обеспечивает доступ к методам, представляемым менеджером задач. Задачи обработки информации распределяются по параллельным процессорам для повышения эффективности функционирования ИС в режиме реального времени.

Реализация вычислительной технологии в ИС осуществляется в рамках парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде [12]. Нечеткий логический базис и нейросетевые технологии позволяют реализовать динамическую базу знаний, осуществляющую выбор предпочтительной модели обработки информации на основе принципа конкуренции.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИС

Совершенствование системы прогноза динамики судна при движении в ледовом поле может быть осуществле-

но на основе следующей информационной технологии [15]. Суть ее состоит в том, что помимо датчика расстояния, установленного на верхней палубе, целесообразно использовать видеоканеру, установленную совместно с этим датчиком. Предлагаемая информационная технология [14] позволяет реализовать трехмерную сегментацию ледовых образований на сложной динамической сцене с использованием трехмерного видео-сенсора окружающего пространства, установленного на судне при движении в ледовом поле со сложным рельефом (рис. 6). Совмещение объектов на соседних кадрах позволяет для движущегося судна оценить расстояния до объекта (набегающее ледовое поле) и построить рельеф окружающего пространства. В этом случае стереобазой служит пройденное судном расстояние, т.е. стереобаза является динамической и может изменяться путем коррекции скорости движения на основе данных прогноза.

Основной трудностью построения систем *стереозрения* является обеспечение единообразия сегментации соседних

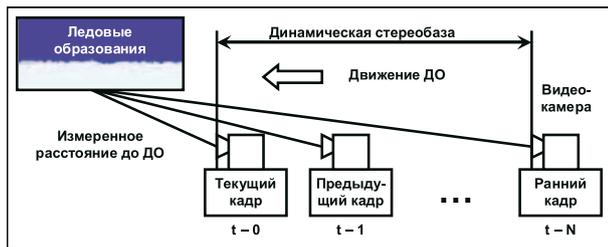


Рис. 6. Трехмерный сенсор, обеспечивающий сканирование набегающего ледового образования на основе обработки данных с видеоканеры

изображений, выделения в сегментах опорных точек и совмещения этих точек на нескольких изображениях.

Предлагаемое решение этой проблемы [15] может быть достигнуто на основе анализа связи задач распознавания и генерации изображений с использованием достижений интеллектуальных технологий. Опорное изображение содержит полную информацию о наблюдаемой динамической сцене. Промежуточные кадры содержат лишь информацию о том, как изменилась сцена по сравнению с предыдущим кадром. Каждый следующий промежуточный кадр вносит свои искажения в изображение.

Таким образом, предлагаемая информационная технология позволяет разделить сегментации на опорные, выполняющие сегментацию очередного изображения «с нуля», не опираясь на результаты предыдущих вычислений, и промежуточные сегментации, корректирующие результаты предыдущих вычислений.

ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ МНОГОРЕЖИМНОЙ СИСТЕМЫ

Взаимодействие судна с ледовым полем рассматривается в рамках кон-

цепции многорежимной динамической системы. При такой интерпретации движение судна описывается векторным дифференциальным уравнением [7, 19]

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (2)$$

где $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in X \subset \mathbb{R}^n$ – фазовый вектор динамической системы; $u = (u_1, \dots, u_m)^T \in U \subset \mathbb{R}^m$ – вектор управляющих воздействий; $k = (k_1, \dots, k_p)^T$ – вектор параметров регулятора. Элементы матриц A и B являются функциями от вектора $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_s)^T \in \Lambda \subset \mathbb{R}^s$ и времени $t \in [t_0, t_f]$. При этом λ является внешним вектором рассматриваемой динамической системы, а область изменения его значений λ – внешним множеством.

Принцип многорежимности обеспечивает возможность настройки системы управления на различные режимы движения судна во льдах:

- обычный режим, связанный с преодолением сплошного ледового поля;
- режим движения в битом льду при различной сплоченности льда;
- режим движения в сложных ледовых образованиях при значительных ударных нагрузках.

Задача состоит в том, чтобы наилучшим образом свести движение системы к некоторому заранее предписанному движению с учетом неопределенности в параметрах $\lambda \in \Lambda$. Воздействовать на качество регулирования можно путем варьирования значений параметров

$k \in K$ регулятора. В сложных ситуациях при достаточно большом внешнем множестве Λ (особенно при движении в торосистых льдах) для различных λ используют разные значения k . Зависимость $k = k(\lambda)$, $\forall \lambda \in \Lambda$ реализуется *модулем коррекции* (корректором), а совокупность из регулятора и корректора образует *контроллер* [19].

Многорежимный принцип управления связан с использованием технологии нейронных сетей при построении системы управления и системы контроля поведения судна ледового плавания в текущей ситуации [7, 14]. Обеспечение такого режима достигается за счет реализации в системе управления ансамбля нейроконтроллеров, теоретические основы которых разработаны в [19]. С помощью такой технологии управления осуществляются (рис. 7):

1. Режим управления на базе стандартных алгоритмов краткосрочного прогноза.
2. Комбинированный режим управления на основе алгоритмов долгосрочного и краткосрочного прогноза.
3. Режим управления в экстремальных ситуациях, использующий различ-

ные модели прогнозирования в рамках принципа конкуренции.

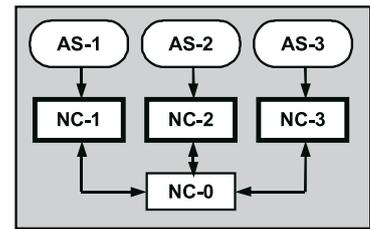


Рис. 7. Ансамбль нейроконтроллеров NC-1, NC-2, NC-3; AS-1, ..., AS-3 – области специализации нейроконтроллеров; $F(\lambda)$ – распределяющая функция; NC-1 – управляющий нейроконтроллер

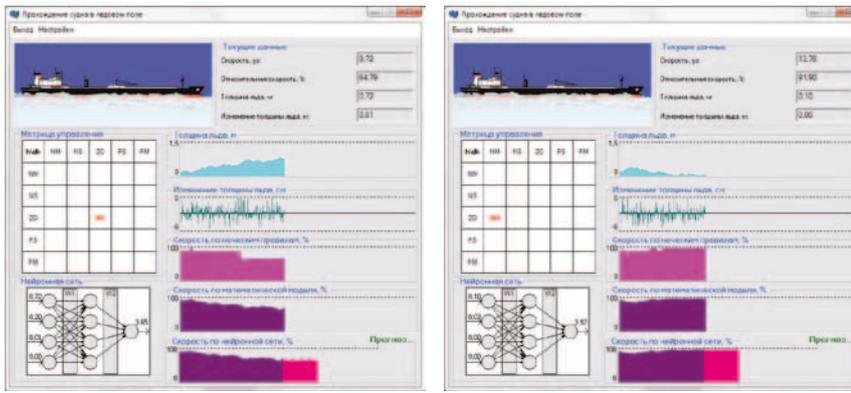
Из рис. 7 видно, что ансамбль содержит два вида нейроконтроллеров, каждый из которых имеет свою область специализации AS_i ($i = 1, 2, 3$). Первый вид представляет собой нейроконтроллеры NC_i , формирующие управляющий сигнал. Функция второго вида нейроконтроллера (NC-0) состоит в выработке номера i ($1 \leq i \leq 3$) для каждого текущего значения $\lambda \in \Lambda$ в соответствии с зависимостями $F(\lambda)$. Этот номер указывает, какой из нейроконтроллеров NC_i должен осуществлять управление при данном $\lambda \in \Lambda$. Переход от одного нейроконтроллера к другому устанавливается с помощью распределяющей функции $F(\lambda)$.

Для обеспечения процесса принятия решений в базе знаний предусматривается механизм имитационного моделирования информационных потоков в рамках принципа конкуренции. Этот механизм учитывает специфику исследуемых ситуаций и информацию о прочности судна и динамике внешней среды [2–5].

Нейронечеткий прогноз. Построение многорежимной системы контроля поведения судна, обеспечивающей реализацию механизма принятия решений в ледовых условиях, ведется в рамках концепции мягких вычислений и парадигмы обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде. В качестве конкурирующей технологии обработки информации использована стандартная модель движения судна в ледовом поле, построенная на основе классической теории управления и нейро-нечетких моделей [7, 13, 14, 16–18].

Рис. 8 отображает прогноз изменения скорости при входе судна в ледовое поле в случае слабого и сильного тренда.

На каждом такте работы программы нейронная сеть дообучается в соответствии с вновь поступившими данными. Если ошибка обучения нейронной сети оказывается меньше фиксированного значения, производится переход на этап прогноза. Ошибка обучения выбирается из соображений получения достоверных результатов при сокращении времени работы программы без отображения прогнозируемых данных.



А В
Рис. 8. Прогноз изменения скорости: А – слабый тренд; В – сильный тренд

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОКРЕСТНОСТЕЙ АТТРАКТОРА СИСТЕМЫ

Повышение надежности и качества принимаемых решений в бортовых ИС обеспечения безопасности судов ледового плавания достигается на основе высокопроизводительных средств обработки измерительной информации. Для реализации требований к алгоритмам обработки информации необходимо выполнить следующие условия:

- обеспечить сохранение целостности информации при решении задач анализа и интерпретации данных;
- выделить структуры в совокупности данных, обеспечивающие надежный контроль динамики объекта в режиме реального времени;
- выявить закономерности между особенностями исследуемых процессов и поведением ДО.

Эти условия определяют эталонную модель интерпретации текущей ситуации, заданной временным рядом. Последовательность операций обработки информации в эталонной модели представлена на рис. 9 в виде двух цепочек преобразования информации. Первая из них определяет цикл предварительной обработки информации, а вторая – операции по реконструкции аттрактора динамической системы.

Описание окрестностей на восстановленном аттракторе. Построение прогнозирующих моделей динамических систем можно провести на основе исследования локальных окрестностей

аттракторов, реконструированных по экспериментальным данным. Один из эффективных путей поиска конфигураций локальных окрестностей аттракторов рассмотрен в работах [6, 10]. Формальное описание локальных окрестностей на восстановленном аттракторе формулируется следующим образом. Пусть имеется восстановленный аттрактор динамической системы

$$Z = Z(t) = \{z_1(t), \dots, z_m(t)\} \quad (3)$$

и необходимо найти его значение в точке $Z(t + \Delta t)$.

Особенность этой задачи состоит в том, что в качестве исходных данных имеется только множество точек восстановленного аттрактора. Поэтому решение о значении в точке $Z(t + \Delta t)$ можно принять только исходя из его подмножества:

$$Z(t + \Delta t) = f(Z^*), Z^* \Delta Z. \quad (4)$$

Таким образом, методы прогнозирования моделей динамических систем различаются только способом формирования окрестности Z^* и методами оценки функции f . Окрестность Z^* представляется в виде матрицы, центральный элемент которой является текущей точкой $Z(t)$ восстановления аттрактора системы, а центральный столбец состоит из упорядоченных по возрастанию расстояния от точки $Z(t)$ ее ближайших соседей – $Z_1(t_1), Z_2(t_2), \dots, Z_{2r}(t_{2r})$. Строки матрицы соответствуют непрерывным участкам траекторий, центрами которых являются ближайшие соседи точки $Z(t)$. Нулевые элементы в центральной строке матрицы Z^* связаны с отсутствием данных в точках $Z(t^*)$, где $t^* > t$. Для

глобальных и локальных и методов прогнозирования матрица перестраивается в соответствии с рекомендациями [6, 10]. Поскольку в глобальных методах прогноз обычно строится по текущему значению k и предыдущим точкам восстановленного аттрактора

$$Z(t + \Delta t) = f(Z(t), Z(t - \Delta t), \dots, Z(t - k\Delta t)) \quad (5)$$

матрица принимает вид вектора-строки: $Z^* = \{0 \dots 0 \dots Z(t) \dots Z(t - \Delta t) \dots Z(t - k\Delta t)\}$. (6)

В локальных моделях, в отличие от глобальных, значения, непосредственно предшествующие точке $Z(t)$, не используются. Поэтому прогноз строится по ближайшим соседям точки $Z(t)$ в следующий момент времени m матрица приобретает вид вектора-столбца:

$$Z^* = \{Z_{2-1}(t_{2-1} + \Delta t) \dots Z_1(t_1 + \Delta t) \dots Z_2(t_2 + \Delta t) \dots Z_{2r}(t_{2r} + \Delta t)\}. \quad (7)$$

Структура рассмотренных матриц Z^* показывает ортогональность локальных и глобальных прогнозирующих моделей.

Алгоритм поиска окрестностей.

В качестве алгоритма поиска окрестностей (конфигураций матрицы окрестности восстановленного аттрактора) может быть использованы данные работ [6, 10]. Алгоритм состоит в поиске конфигураций матрицы Z^* и позволяет получить модели с наилучшим качеством аппроксимации тестовых множеств данных, позволяющих достичь требуемого качества прогноза. Структура алгоритма обеспечивает реконструкцию аттрактора системы по заданному временному ряду и формирование очередной конфигурации матрицы Z^* . На основе нейросетевой модели на тестовом множестве определяется ошибка прогноза и оценка его качества для заданной конфигурации матрицы Z^* , что позволяет выбрать наилучшую конфигурацию.

В качестве примера рассмотрим результаты моделирования прогноза переменной состояния $x(t)$ системы, описываемой временным рядом со сложной динамикой. Восстановленный аттрактор системы и наилучшая прогнозирующая модель, полученная в результате применения алгоритма поиска окрестностей, позволили установить список наилучших конфигураций матрицы Z^* в задаче прогноза динамики судна активного ледового плавания (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что прогнозы для синтетических моделей (строки 4 – 6) мало отличаются от прогнозов для глобальных моделей (строки 1 – 3). При этом для модели, соответствующей строке 4, прогноз строился также с учетом прошлого и будущего ближайшей соседней траектории.

Интерпретация динамической системы, заданной временным рядом. В процессе анализа взаимодействия судна с внешней средой возникают ситуации, требующие анализа сигнала, по-



Рис. 9. Эталонная модель интерпретации текущей ситуации

Таблица 1
Наилучшие в смысле средней квадратичной ошибки конфигурации матрицы Z^* для прогнозирующей переменной состояния

Нулевой элемент матрицы	Ошибка	
	на обучающем множестве	на тестовом множестве
$Z(t)$	0,00238	0,00427
$Z(t), Z(t-2\Delta t)$	0,00415	0,00513
$Z(t), Z(t-\Delta t), Z(t-2\Delta t)$	0,00714	0,00782
$Z_1(t_1+2\Delta t), Z_1(t_1-2\Delta t), Z(t)$	0,00936	0,00957
$Z_1(t_1+2\Delta t), Z_1(t_1), Z(t)$	0,00949	0,00968
$Z_1(t_1), Z_1(t_1), Z(t)$	0,01701	0,01824

рождаемого системой и представленного заданной временной последовательностью. Эта последовательность несет в себе достаточно представительную информацию о рассматриваемой динамической системе. Если интерпретировать ледовое поле как конечномерный аттрактор некоторой распределенной системы, то для прогноза его ординат можно воспользоваться процедурой, основанной на теореме Такенса [20]: если размерность автономной динамической системы (АДС), описывающей аттрактор, равна k , то, зная k последовательных значений временного ряда $y_n, y_{n-1}, \dots, y_{n-k+1}$, расположенных через постоянный шаг Δt друг от друга, можно однозначно восстановить по ним следующее значение, т.е. существует такая функция f , что $\forall n$

$$y_{n+1} = f(y_n, y_{n-1}, \dots, y_{n-k+1}). \quad (8)$$

Выберем в указанной последовательности подпоследовательность длины $k < n$ и составим из ее элементов k -вектор:

$$w = \{y_{n-k+1}, y_{n-k+2}, \dots, y_{n-1}, y_n\}. \quad (9)$$

Рассмотрим евклидово расстояние $\rho_k(n, n_0)$ между произвольным w и некоторым фиксированным w_0 , соответствующим $n = n_0$:

$$\rho_k(n, n_0) = \|w - w_0\| = \left(\sum_{i=1}^k (y_{n-k+i} - y_{n_0-k+i})^2 \right)^{1/2}, \quad (10)$$

а также аналогичную величину для последующих значений

$$r(n, n_0) = \|y_{n+1} - y_{n_0+1}\|. \quad (11)$$

Процедура нахождения размерности АДС заключается в следующем: для различных n определяются $\rho_k(n, n_0)$ и $r(n, n_0)$ согласно (10), (11), фиксируются на (ρ, r) -плоскости и последовательно соединяются друг с другом, так что получается некоторая ломаная; если функциональная зависимость при выбранном k достигнута, то при малых ρ все участки этой ломаной располагаются вблизи начала координат. Размерность АДС – это как раз то минимальное значение k , начиная с которого ломаная обладает указанным свойством.

Таким образом, в соответствии с теоремой Такенса [21] можно по эволюции

переменной составить представление о динамике системы путем реконструкции аттрактора. Восстановление аттрактора динамической системы на основе зависимости $x = x(t)$ осуществляется за счет использования метода временной задержки координат.

Для этого временной ряд отображается на плоскость в виде множества точек таким образом, чтобы каждому исходному значению $x(t_i)$ соответствовала точка на плоскости, одна из координат которой будет равна $x(t_i)$, а другая – $x(t_i + \tau)$, где τ – величина, называемая лагом.

Система стабилизации скорости судна. Процесс стабилизации скорости около ее текущего безопасного значения V_b может быть описан вектором состояния ($y = V_b - V, \beta = \gamma V_s / c = \text{const}$)

$$\xi = (y, V_b, \beta)^T, \quad (12)$$

удовлетворяющего системе

$$\dot{\xi} = A\xi + Bu, \quad (13)$$

где управлением $u = P$ является сила тяги энергетической установки, а выход определяется соотношением

$$Y = (q \ 0 \ 0)\xi = qy. \quad (14)$$

Матрицы A, B в (1) имеют вид

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & -a_2 & 1 \\ a_1 & -a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -1/m \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (15)$$

где $a_1 = cl_1, a_2 = a_1 + \gamma / c$,

а коэффициент l_1 реализует линейную регрессию толщины льда h в функции пройденного расстояния x :

$$h = l_1 x. \quad (16)$$

Значения коэффициента l_1 на подынтервалах, заканчивающихся в моменты $vt = \{10.0 \ 32.0 \ 42.0 \ t_f\}$, составляют:

$$vl = \{0.0001 \ 0.0057 \ -0.0225 \ 0.005\}.$$

Результаты линейной регрессии можно интерпретировать как основную, медленную компоненту возмущений от ледового поля (ледовой нагрузки).

На каждом подынтервале реализуется управление, оптимальное в смысле квадратического критерия

$$J = \int_0^{\infty} (Y^2 + u^2) dt. \quad (17)$$

Особенность задачи состоит в том, что при вычислении заданной безопасной скорости следует дифференцировать (16), и поскольку отсутствует ограничение на скорость, на участках с уменьшающейся толщиной ледово-

го поля ($l_1 < 0$) возможна отрицательная скорость ледового танкера. На рис. 10 это соответствует подынтервалу [32.0 42.0]. На таких участках при вычислении матрицы A считаем $a_1 = c|l_1|$.

Управление объемом передаваемой информации. При работе с базой данных, особенно при передаче изображений в задачах моделирования экстремальных ситуаций, оказывается полезным оптимальное управление объемом информации путем выбора формата представления передаваемых объектов. Оптимизационная задача такого выбора формулируется следующим образом [9, 14]: требуется определить формат представления передаваемых объектов таким образом, чтобы энтропия (среднее количество информации) полученной совокупности объектов была максимальной, а объем передаваемых данных – минимален.

Если принять ширину канала связи (пропускную способность оборудования) фиксированной, то в качестве цели может быть выбрана минимизация общего времени T загрузки связанных друг с другом объектов. В качестве основного ограничения рассматривается требование передачи всех выбранных объектов, а также время T , если оно не является целью оптимизации.

Таким образом, при управлении процессом обработки информации возникают следующие задачи многокритериальной оптимизации (по Парето [20]):

- передача максимальной информации об объектах с одновременной минимизацией ее объема:

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} q_{ij} \rightarrow \max; \\ W &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} W_{ij} \rightarrow \min; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\forall i: Q = \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} = 1, 0; \quad Z_{ij} = 1, 0; \\ (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i).$$

- передача максимальной информации при минимизации времени ее передачи:

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} q_{ij} \rightarrow \max; \\ T &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} W_{ij} / V = \min; \end{aligned} \quad (19)$$

$$\forall i: Q = \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} = 1, 0; \quad Z_{ij} = 1, 0; \\ (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i).$$

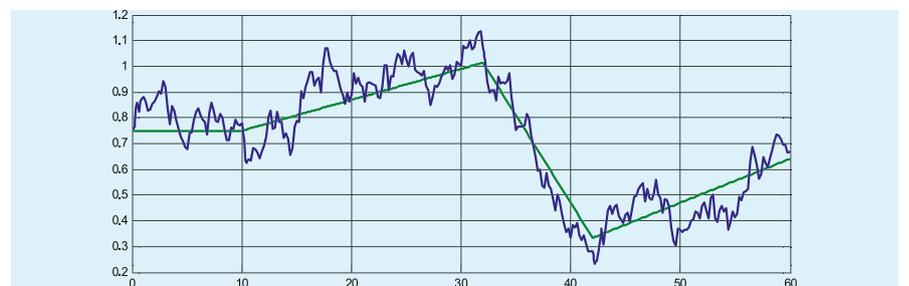


Рис. 10. Оциллограммы безопасной (ломаная) и реальной скорости ледового танкера (м/с); режим стабилизации мягкий ($q = 3 \cdot t$)

где V – пропускная способность используемого канала; n – количество передаваемых объектов; m_i – число возможных форматов i -го объекта; Z_{ij} – булева переменная, равная единице, если i -й объект будет передан в j -м формате и нулю, в противном случае; q_{ij} – количество информации i -го объекта в j -м формате; W_{ij} – объем i -го объекта в j -м формате.

Многокритериальная оптимизация на основе задач (18) и (19) может быть сведена к однокритериальной. Так, если определить нижнюю границу количества данных Q , необходимую для принятия решения, то вместо (18) будем иметь

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} W_{ij} \rightarrow \min;$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} q_{ij} \geq Q;$$

$$\forall i: Q = \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} = 1, 0; \quad Z_{ij} = 1, 0;$$

$$(i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i).$$

При фиксированном времени T система (18) принимает вид

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} q_{ij} \rightarrow \max;$$

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} W_{ij} \rightarrow \min;$$

$$\forall i: Q = \sum_{j=1}^{m_i} Z_{ij} = 1, 0; \quad Z_{ij} = 1, 0;$$

$$(i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i).$$

ВЫВОДЫ

Сложность рассматриваемой проблемы динамики судна при движении в ледовом поле и формальный аппарат для ее решения потребовали проведения ресурсоемких экспериментальных исследований и тестирования ситуаций, возникающих при функционировании системы интеллектуальной поддержки принимаемых решений. Задача построения, тестирования и диагностики базы знаний системы представляется в виде формализованных моделей, проверка которых осуществляется в процессе тестирования.

В заключение сформулируем три ключевых положения, на которых базируются требования, которых необходимо придерживаться при разработке и тестировании программного комплекса в рамках концепции построения ИС контроля и прогноза динамики судна в ледовых условиях:

- развитие принципа ситуационного управления, когда каждому классу возможных состояний внешней среды и динамического объекта при движении судна в ледовых условиях ставится в соответствие определенный класс допустимых решений;

- принцип иерархической организации ИС, включающий в свой состав стратегический уровень планирования поведения судна в заданной ситуации, тактический уровень планирования действий, исполнительный уровень

(принятие решений) и комплекс информационно-измерительных средств, обеспечивающих оптимальное управление;

- принцип обоснованного выбора интеллектуальных технологий, используемых для решения задач отдельных уровней иерархии принятия решений по управлению судном как сложным динамическим объектом.

ЛИТЕРАТУРА

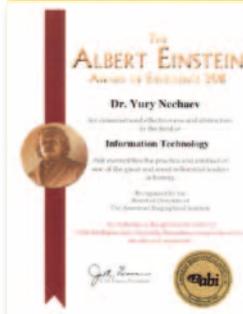
1. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Ростовцев Д.М. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях. – СПб., 2001.
2. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И. Интеллектуальные системы новых поколений // Морской вестник. – 2002. – №2. – С.53–57.
3. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Родионов А.А. Интеллектуальные технологии при контроле динамики взаимодействия судна с внешней средой в ледовых условиях // Морской вестник. – 2007. – №4(7). – С.92–96.
4. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Родионов А.А. Особенности контроля динамики взаимодействия судна с внешней средой в ледовых условиях на основе принципа конкуренции. – Мат-лы 7-й Общерос. конф. и выставки по морским интеллектуальным технологиям «МОРИНТЕХ–2008». СПб., 2008, т.1, с.213–216.
5. Александров В.Л., Матлах А.П., Нечаев Ю.И., Поляков В.И., Родионов А.А. Нейросетевые модели в задачах прочности корабля: концепции и приложения // Морской вестник. – 2003. – №4(8). – С.83–89.
6. Борисов Ю.Ю. Построение прогнозирующих моделей динамических систем на основе исследования окрестностей реконструированных аттракторов // Автоматизация и современные технологии. – 2007. – №2. – С.32–37.
7. Бортовые интеллектуальные системы. – Ч.2: Корабельные системы. – М.: Радиотехника, 2006.
8. Бозм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения. – М.: Радио и связь, 1985.
9. Воробьева Г.И. Модели выбора оптимальных форматов представления объектов в базах данных удаленного доступа. – Тр.

X Всерос. конф. «Телематика–2003», СПб., 2003, т.1, с.233–235.

10. Лесных В.Ю. Динамическая реконструкция временных рядов. – Сб. докл. X Международ. конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM–2007, СПб., 2007, т.1, с.199–202.
11. Нечаев Ю.И. Искусственный интеллект: концепции и приложения. – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2002.
12. Нечаев Ю.И. Математическое моделирование в бортовых интеллектуальных системах реального времени. – Тр. 5-й Всерос. науч.-техн. конф. «Нейроинформатика–2003». – М. МИФИ, 2003 (Лекции по нейроинформатике), ч. 2, с.119–179.
13. Нечаев Ю.И., Жук Ю.С. Оценка и прогноз динамики судна при взаимодействии с ледовым полем. – Сб. докл. XI Международ. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM–2008, СПб., т.2, с.49–53.
14. Системы искусственного интеллекта с интеллектуальных технологиях XXI века. – М.: Радиотехника, 2011.
15. Тимофеев А.В., Дерин О.А. Анализ сложных мультиизображений в режиме реального времени // Приборостроение. – 2008. – №10. – С.25–30.
16. Alexandrov V.L., Matlakh A.P., Nechaev Yu.I., Polyakov V.I. Ships safety navigation in conditions of the Arctic shelf. – Proceedings of 2nd International maritime conference on design for safety. Osaka Colloquium 2004, Oct. 28–30, 2004, Sakai, Japan, p.231–237.
17. Alexandrov V.L., Matlakh A.P., Nechaev Yu.I., Polyakov V.I. Intelligence system for ship dynamics monitoring in extreme situations. – Proc. of International conference on marine research and transportation ICMRT–05. Naples – Italy, 2005, p.55–3.
18. Alexandrov V., Matlakh A., Nechaev Yu., Polyakov V.I. Strength and vibration multimode control for ship, moving in the ice condition. – Proceedings of the 10th International Symposium on Practical Design of ships and other floating structures. – Houston, Texas, USA, Oct. 1–5, 2007, Vol.2, p.1295–1302.
19. Brusov V.S., Tiumentsev Yu.V. High performance aircraft flight control based on artificial neural networks. – Proc. Of the RRDPAE–96. Warsaw, 1997, p.97–100.
20. Pareto V. Cours d'Economie Politique. – Lausanne: Houg, 1989.
21. Takens F. Lectures notes in mathematics // N.Y. Springer. –1981. – Vol.898. – P.366–381. ■

Медаль им. Альберта Эйнштейна (США) присуждена Ю.И. Нечаеву

Этой награды он удостоен в 2011 г. за монографию «Теория катастроф: современный подход при принятии решений». Официальная церемония награждения пройдет в 2012 г. в Оксфорде (Англия).



Рецензентами монографии выступили Институт прикладной математики РАН, Институт систем управления РАН, а также кафедры компьютерного моделирования СПбГМТУ и математики Политехнического университета. Еще в 2010 г. в Кембридже (Англия) Ю.И.Нечаев сделал доклад, посвященный концепции и принципам создания современной теории катастроф и структуре будущей монографии.

Тогда же он был удостоен золотой медали «За вклад в своей области знаний, который способствовал развитию современного общества». Решения создания современной теории катастроф Ю.И.Нечаева базируются на интеграции достижений классической математики и интеллектуальных технологий XXI в., что позволило ему разработать оригинальную модель этой теории, которая интерпретируется в бортовых интеллектуальных системах новых поколений.

Редакция журнала «Морской вестник» поздравляет члена редколлегии, заслуженного деятеля науки РФ, международного эксперта по высокопроизводительным вычислениям и интеллектуальным системам (Англия, США), д-ра техн. наук, проф. Юрия Ивановича Нечаева с присуждением ему этой престижной награды и желает ему дальнейших творческих достижений.

Евгений Николаевич Андреев родился 24 января 1922 г. в д. Дмитрово Пушкинского района Псковской области. В 1940 г. он окончил с «золотым» аттестатом среднюю школу и поступил в Черноморское ВВМУ Севастополя.



С ноября 1942 г. по апрель 1944 г. Е.Н. Андреев принимал участие в боевых действиях под Сталинградом и на 4-м Украинском фронте. Дважды был тяжело ранен.

С 1944 г. жизнь Е.Н. Андреева связана с Высшим военно-морским инженерным училищем им. Ф.Э.Дзержинского, куда его назначают помощником командира роты.

Образование Е.Н. Андреев продолжил уже после окончания войны в 1946 г. в качестве слушателя кораблестроительного факультета родной Дзержинки, который окончил в 1951 г. с отличием.

После окончания училища перед Евгением Николаевичем открылись большие возможности в педагогической и научной деятельности.

Е.Н. Андреев – автор более 160 научных и учебно-методических работ, которым свойственны новизна, актуальность, глубокое проникновение в физическую сущность изучаемого явления, безупречная методика изложения. К числу фундаментальных научных работ Е.Н. Андреева можно отнести труды в области прикладной гидромеханики, теории кондиционирования и воздухообмена, динамики подводных лодок, исследования проблем гидрореактивного и волнового движителей. Научные результаты этих исследований реализованы при проектировании современных подводных лодок и надводных кораблей. По результатам разработки волнового движителя оформлена заявка на открытие явления образования упругих кинематических волн изгиба в упругоизогнутом удлиненном гибком твердом теле.

Под научным руководством профессора Е.Н. Андреева выполнено и успешно защищено 26 докторских и кандидатских диссертаций.

К 90-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА Е.Н. АНДРЕЕВА

К.Л. Селиверстов, канд. техн. наук, доцент,
И.М. Кузнец, д-р. техн. наук, проф.,
А.И. Свистунов, канд. техн. наук, ВМИИ,
контакт. тел. +7 921 789 1388

Как известный ученый, пользующийся большим авторитетом, Е.Н. Андреев работал в составе специализированных диссертационных советов 1 ЦНИИ, 40 ГосНИИ, ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского, ВВМИУ им. В.И. Ленина, ВМИИ, Государственного архитектурно-строительного университета, Государственного университета водных коммуникаций, Технологического института холодильной промышленности.

За 58 лет педагогической деятельности (из них 21 год – в качестве начальника кафедры, а затем более 30 лет – в качестве профессора) в полной мере проявился талант Е.Н. Андреева как педагога. Все эти годы он занимался подготовкой инженеров-кораблестроителей, преподавателей и ученых.

Наиболее значимыми в области образования среди трудов являются такие учебники и учебные пособия д-ра технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Е.Н. Андреева, как «Корабельные системы и устройства ПЛ» (1963), «Принципы гидравлического расчета корабельных систем» (1985), «Проектирование общего расположения на ПЛ» (1994), «Теплолажностные расчеты систем кондиционирования воздуха» (1989), «Корабельные системы и устройства НК» (ч.1 и 2) (2002), «Определение водоизмещения и составляющих нагрузки масс ПЛ в первом приближении» (2008).

Большой заслугой Е.Н. Андреева стало создание на кораблестроительном факультете первой в ВМФ уникальной лаборатории корабельных систем и устройств, которая позволила не только повысить качество учебного процесса, но и проводить серьезные научные исследования по проблемам кораблестроения.

Е.Н. Андреев награжден орденом Отечественной войны 1-й степени, тремя орденами Красной Звезды и 25 медалями.

И сегодня Евгений Николаевич продолжает успешно трудиться на родной кафедре и активно работать в специализированном совете ВМИИ.

Многочисленные ученики и коллеги Е.Н. Андреева выражают ему глубокую признательность за большой вклад в военно-морское образование, кораблестроительную науку и желают ему здоровья, творческих успехов и благополучия.



МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

УПРУГАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ. КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ

С.О. Барышников, проф., ректор СПбГУВК,
контакт. тел. (812) 251 1221

Теория упругой устойчивости, начало которой было положено еще в работах Л. Эйлера, в настоящее время является весьма широко разработанным разделом механики, располагающим рядом эффективных методов, большим количеством решенных задач и обширной литературой.

Устойчивость в широком смысле определяется как свойство системы мало отклоняться от невозмущенного движения (равновесия) при действии малых возмущений. Когда говорят об устойчивости, то очевидно, что речь идет о виде движения (равновесия), устойчивость которого рассматривается, как и параметры, определяющие состояние системы, виды возмущений, интервал времени, на котором система должна быть устойчивой. На практике термин устойчивость обычно трактуют как свойство системы сохранять заданную форму равновесия при заданных условиях нагружения.

Разработкой критериев устойчивости занимались Л. Эйлер, Ж.Л. Лагранж, Ж.А. Пуанкаре, А.М. Ляпунов и другие выдающиеся ученые. В строительной механике в основном используются три критерия устойчивости: динамический, статический и энергетический.

Статический критерий устойчивости исторически первый. В теории упругой устойчивости предполагается, что при достаточно малых нагрузках равновесие упругой системы устойчиво и что оно остается таковым вплоть до первой точки разветвления форм равновесия, за которой исходная форма становится неустойчивой. Критическая сила (или в общем случае параметр группы сил) определяется при этом как наименьшее значение силы, при котором наряду с исходной формой равновесия имеют место смежные, весьма близкие к ней другие формы равновесия. Такой подход, который часто называют методом Эйлера или методом нейтрального равновесия, позволил свести вопрос об устойчивости формы равновесия к более простому вопросу об отыскании минимальных собственных значений некоторых краевых задач.

Плодотворность метода Эйлера в теории упругой устойчивости является бесспорной, и в настоящее время этот метод признан классическим. Вместе с тем метод Эйлера не универсален: он имеет вполне определенную область применения, выход за рамки которой неоднократно служил источником ошибок и недоразумений. Метод Эйлера применим, если внешние силы обладают потенциалом (т.е. если они являются консервативными силами), и становится, вообще говоря, непригодным, если потенциал у внешних сил отсутствует.

Более общим и строгим является *динамический критерий устойчивости*. Согласно этому критерию критические

нагрузки определяются с позиций устойчивости движения. Впервые, по-видимому, этот критерий для консервативных систем с конечным числом степеней свободы использовался Ж.Л. Лагранжем. Строгое математическое определение его для частного класса систем было дано А.М. Ляпуновым. Впоследствии динамический критерий был обобщен и расширен.

Использование динамического критерия сводится к интегрированию уравнений движения системы и исследованию поведения их решения во времени или же к исследованию характера возмущенного движения, исходя из структуры самих дифференциальных уравнений. В случае нелинейных задач исследуются нелинейные колебания системы около ее равновесного положения. Динамический критерий применим к консервативным и к неконсервативным системам.

Несмотря на свою общность и строгость, динамический критерий не нашел широкого применения в строительной механике. Большинство задач устойчивости было решено в рамках более простых — статического и энергетического критериев.

В основе *энергетического критерия* лежат два фундаментальных принципа механики сплошных сред: принцип возможных перемещений и принцип возможных изменений напряженного состояния. Из принципа возможных перемещений непосредственно следует принцип стационарности полной потенциальной энергии $\delta\Pi = 0$, который утверждает, что из всех перемещений, отвечающих граничным условиям, перемещения, удовлетворяющие уравнениям равновесия, придают полной потенциальной энергии системы Π стационарное значение. Из принципа возможных изменений напряженного состояния следует принцип стационарности дополнительной энергии. Согласно этому принципу из всех возможных напряжений, удовлетворяющих уравнениям равновесия и граничным условиям, напряжения, удовлетворяющие условиям совместности деформаций, придают стационарное значение дополнительной энергии.

Уравнение $\delta\Pi = 0$ выделяет равновесные состояния. Об устойчивости этих состояний в случае линейных задач можно судить с помощью теоремы Дирихле: если равновесное состояние устойчиво, то полная потенциальная энергия имеет минимум ($\delta\Pi = 0$, $\delta^2\Pi < 0$), если неус-

тойчиво — максимум ($\delta\Pi = 0$, $\delta^2\Pi > 0$), безразличному равновесию соответствует постоянная величина энергии ($\delta\Pi = 0$, $\delta^2\Pi = 0$). Исследование знака второй вариации на всевозможных перемещениях представляет собой трудную задачу. В линейных задачах устойчивости обычно используют условия $\delta\Pi = 0$, $\delta^2\Pi = 0$.

Если в безразличном равновесии энергию представить в виде

$$\Pi = \Pi_0 + \delta\Pi + \delta^2\Pi + \dots,$$

где Π_0 — энергия исходного состояния; $\delta\Pi$, $\delta^2\Pi$ — части энергии, содержащие соответственно первые и вторые степени дополнительных смещений, то в силу того, что исходное состояние является равновесным и не варьируется, из условия $\delta\Pi = 0$ получим $\delta(\delta^2\Pi) = 0$. Последнее равенство представляет собой вариационную формулировку статического критерия, так как из него непосредственно следуют уравнения Эйлера. В консервативных задачах условия $\delta^2\Pi = 0$ и $\delta(\delta^2\Pi) = 0$ эквивалентны и применение их обусловлено простотой получения конечного результата. В большинстве случаев более простым является условие $\delta(\delta^2\Pi) = 0$.

Энергетический критерий фактически — видоизменение статического, поскольку все его уравнения являются теми же уравнениями статического критерия, записанного в вариационной форме. В линейных задачах устойчивости консервативных систем оба критерия приводят к одинаковым результатам.

Под линейной теорией здесь понимается исследование устойчивости равновесия упругого тела по отношению к малым возмущениям (т.е. устойчивости «в малом»). Такое исследование, как известно, приводит к линейным дифференциальным уравнениям. Эти уравнения отличаются, однако, от уравнений классической линейной теории упругости наличием дополнительных членов, содержащих параметры, с точностью до которых задана внешняя нагрузка. Чтобы различить эти члены, приходится делать различие между геометрией начального, невозмущенного состояния, устойчивость которого исследуется, и геометрией других, близких к нему состояний. В линейной теории упругости это различие, как известно, игнорируется. Чтобы получить уравнения, описывающие поведение малых возмущений для заданной формы равновесия, приходится исходить из уравнений нелинейной теории упругости.

К сказанному необходимо добавить следующее. Если в основу положить уравнения линейной теории, то в силу теоремы единственности Кирхгофа придем к выводу, что при заданных нагрузках и заданных граничных условиях возможна лишь единственная форма равновесия. Между тем сама постановка задачи упругой устойчивости предполагает возможность существования форм равновесия (или движения), отличных от невозмущенной.

Нелинейность уравнений теории упругости может быть как геометрического, так и физического происхождения. Геометрическая нелинейность связана с необходимостью различать координаты начального и конечного состояний, а также с необходимостью пользоваться полными выражениями для компонентов тензора деформаций. Физическая нелинейность проистекает от нелинейной связи между компонентами напряженного и деформированного состояний, с которой в ряде случаев следует считаться.

Говоря об устойчивости некоторой формы равновесия, мы эту форму равновесия будем называть невозмущенной. Наряду с невозмущенной формой равновесия рассматривают некоторые достаточно близкие к ней возмущенные формы равновесия. Во многих случаях для суждения об устойчивости (неустойчивости) равновесия можно предположить возмущения достаточно малыми и исходить из линеаризованных дифференциальных уравнений, исследуя характер этих возмущений. Такие уравнения, следуя Ж.А. Пуанкаре, называют уравнениями в вариациях.

Таким образом, с математической точки зрения задача об устойчивости форм равновесия сводится к определению собственных чисел и собственных векторов линейной краевой задачи, описываемой дифференциальными уравнениями в вариациях с соответствующими краевыми условиями. Собственные числа определяют критические нагрузки, а собственные векторы, им соответствующие, — формы потери устойчивости. Физический интерес представляет только первое (наименьшее) собственное значение, так как высшие формы потери устойчивости могут быть вызваны лишь специальным возбуждением типа ударных нагрузок.

Следует отметить, что проблема отыскания собственных чисел и определения критических нагрузок во многих случаях представляет собой весьма сложную математическую проблему, которая точно решена лишь для простейших случаев линейной задачи. Это связано с тем, что искомая функция должна удовлетворять не только основному дифференциальному уравнению (или уравнениям), но и граничным условиям.

Например, задача устойчивости прямоугольной пластины решена для случаев свободно опертой пластины или пластины, две противоположные грани которой свободно оперты, а две другие имеют произвольное закрепление [2, 3]. Но, если речь идет о пластине, защемленной по всему контуру, или консольной пластине, то точного решения такие задачи не имеют. Использование тех или иных приближенных методов оставляет открытым вопрос о точности вычислений, о близости полученного решения к точному решению задачи.

Для сжатых стержней формула Эйлера получена в случае шарнирного опирания его концов. В работе [4] отмечается, что для других способов закрепления концов стержня можно использовать идею приведения к шарнирно-опертому стержню, но другой длины. В частности, для стержня, защемленного двумя концами, предлагается в формуле Эйлера вместо длины l стержня подставить величину вдвое меньшую. Эта идея основана на том, что изогнутая линия защемленного стержня имеет точки перегиба на расстоянии $l/4$ от его концов и фактически точки перегиба можно считать шарнирами. Поэтому критическая сила для такого стержня будет в четыре раза больше, чем для шарнирно-опертого.

Данную идею можно использовать и для прямоугольной пластины, защемленной по контуру, и нагруженной помимо поперечной нагрузки постоянными сжимающими усилиями, приложенными ко всем граням. Здесь также за основу можно принять решение для свободно опертой пластины в виде двойного тригонометрического ряда [2]. Это решение дает соотношение для определения критических сжимающих усилий в двух направлениях (решение Брайена). В случае защемленной пластины критические усилия должны быть большими, как и для стержня. Чтобы их найти, можно поступить следующим образом. Решение для свободно опертой пластины считается начальным приближением. Оно удовлетворяет дифференциальному уравнению изгиба и условиям отсутствия прогибов защемленных граней, но не удовлетворяет граничным условиям по угловым деформациям, т.е. порождает невязки. Для их устранения предлагается использовать два вида корректирующих (исправляющих) функций, представляющих гипербола-тригонометрические ряды по двум координатам. Каждая из этих функций должна быть подчинена соответствующему однородному дифференциальному уравнению задачи. Она «автоматически» удовлетворяет условиям отсутствия прогибов на двух параллельных гранях (ряд по синусам). Граничные условия на двух смежных гранях будут удовлетворяться за счет

неопределенных коэффициентов ряда. Первая исправляющая функция, в свою очередь, даст невязки по углам поворота двух других граней. Эти невязки призваны компенсировать вторая исправляющая функция подобного вида (с переменной координат). Она также порождает угловые невязки на двух других смежных гранях. И далее все повторяется, т.е. организуется бесконечный итерационный процесс наложения указанных функций, взаимно компенсирующих порождаемые ими невязки в граничных условиях. При достижении заданной точности процесс прекращается. В задачах механики, как правило, подобные процессы будут сходящимися, во всяком случае, помимо аналитического доказательства сходимости (что бывает весьма сложно), при компьютерной реализации можно показать это численно, анализируя каждую итерацию и конечный результат.

Таким образом, решение задачи будет складываться из начального решения и n пар исправляющих функций. Эти функции и сделают повороты защемленных граней нулевыми. Однако начальное решение будет давать критическую нагрузку, соответствующую свободно опертой пластине. При этих значениях прогибы будут бесконечны, но это решение можно считать особым. Следует ожидать, что дальнейшее увеличение нагрузки даст конечные прогибы, и критическая нагрузка будет достигнута при более высоких значениях, которые можно получить с помощью компьютерных вычислений. Кроме того, анализ формы изогнутой поверхности защемленной пластины, нагруженной только поперечной нагрузкой, позволит приближенно найти линии перегибов и заменить (как и для стержня) данную пластину свободно опертой по этим линиям, которые приближенно будут давать прямоугольный контур меньших размеров. Критические усилия соответственно будут большими.

Подобный метод может быть использован и для решения других задач изгиба и устойчивости пластин и оболочек.

В заключение отметим, что во многих случаях получение точного решения задач о различных формах равновесия и устойчивости сопряжено с большими математическими трудностями, поэтому важное значение имеет разработка надежных приближенных методов, дающих решение, близкое к точному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. — М.: Машиностроение, 1978. — 312 с.
2. Папкович П.Ф. Строительная механика корабля. — Ч. 2. — Л.: Судпромгиз, 1941. — 960 с.
3. Лехницкий С.Г. Анизотропные пластинки. — М. — Л.: ГИТТЛ, 1947. — 355 с.
4. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. — М.: ГИТТЛ, 1954. — 856 с. ■

Разработка любых подводных объектов и конструкций морской техники связана с необходимостью изучения характера их обтекания. Важное место при этом занимает изучение различного рода вихревых и отрывных явлений, следов за конструкциями и их элементами, которые обуславливают наличие нестационарных сил на корпусах, а также определяют условия работы движителей.

Многие инженерные сооружения, расположенные или движущиеся на удалении от свободной поверхности, имеют внешние обводы, близкие по форме к телу вращения, того или иного удлинения. Это объясняется стремлением конструкторов минимизировать гидродинамическое сопротивление и добиться максимальной прочности конструкций при сохранении минимального веса. Вместе с тем большинство инженерных конструкций имеют выступающие части, которым также стремятся придать хорошо обтекаемую форму. Это касается и подводных аппаратов, снабжаемых стабилизаторами и рулями, расположенными, как правило, в кормовой оконечности корпуса и обеспечивающими устойчивость движения и управляемость.

Обтекание инженерных конструкций под углами атаки и дрейфа обуславливает неоднородность потока в следе, при этом основной характеристикой потока выступает такой параметр, как степень неоднородности поля скоростей.

Стремление снизить степень неоднородности поля скоростей приводит к необходимости поиска оптимальной геометрии выступающих частей. Процесс ее поиска подразумевает, в свою очередь, проведение затратных серийных исследований, наиболее часто представляющих собой модельные эксперименты в опытовых бассейнах и аэродинамических трубах. В рамках модельного эксперимента при ограниченном количестве реализаций проблематично разделить учесть влияние на поле скоростей множества факторов, таких как форма и размеры модели, форма и размеры выступающих частей, угол атаки или дрейфа модели при ее обтекании, числа Рейнольдса.

В этой связи целесообразно привлечение для исследований методов численного моделирования с целью определения полей средних и пульсационных скоростей. Основным достоверным критерием качества метода численного моделирования по сей день остается соответствие расчетных полей скоростей в следах за моделями, полученных в расчете и модельном эксперименте.

В настоящее время активно развиваются расчетные методы изучения вихревых структур, возникающих при обтекании различных конструкций. Од-

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕЙ ОСРЕДНЕННЫХ И ПУЛЬСАЦИОННЫХ СКОРОСТЕЙ В БЛИЖНЕМ СЛЕДЕ ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

А.С. Воробьев, инженер ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»,
контакт. тел. +7 911 932 88 74

нако, несмотря на обилие доступных инженерам методов численного моделирования, предлагаемых в современных CFD-пакетах, на сегодняшний день отсутствуют четко сформулированные и подтвержденные на практике рекомендации по применимости конкретных моделей турбулентности в рамках методов осреднения по Рейнольдсу для задач внешнего обтекания.

Из общедоступных работ можно почерпнуть рекомендации, применимые к отдельным инженерным задачам [1].

В настоящей статье рассмотрена задача обтекания различных крыльевых профилей, закрепленных на конусообразной хвостовой части тела вращения. Экспериментально полученные результаты сравниваются с ранее полученными результатами численного моделирования в пакете Fluent (тестовая лицензия № 268809991 от 3 сентября 2004 г., выданная Fluent Inc. ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова).

Экспериментальные исследования. Применительно к описываемой в настоящей статье задаче в рамках экспериментальных исследований были проведены испытания в аэродинамической трубе с моделью цилиндрической формы длиной $L = 3$ м и диаметром цилиндрической части корпуса $D = 0,3$ м. Носовая оконечность модели имела оживальную форму, кормовая оконечность была выполнена в форме конуса. Эксперимент включал исследование поля скоростей за несколькими вариантами крыльев, закрепленных на конусообразной хвостовой части модели. Формы крыльев намеренно были выбраны произвольными. Пять крыльев имели закругленную заднюю кромку и плоскую поверхность (типы 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1), пять других – заостренную заднюю кромку (типы 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2). Передние кромки крыльев имели радиусы закругления, равные половине толщины. Для удобства сравнения схематическое изображение крыльев представлено на рис. 1.

Скорость потока при испытаниях в аэродинамической трубе составляла 30 м/с.

Измерение поля скоростей проводилось поворотной гребенкой, позво-

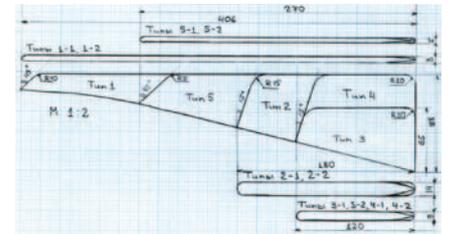


Рис. 1. Схематичное изображение десяти типов крыльев, использованных для проведения эксперимента и численного моделирования обтекания

ляющей фиксировать полный напор и статическое давление. Поля скоростей фиксировались на различных расстояниях от выходных кромок крыльев. Гребенка вращалась в диапазоне углов θ от 0 до 360°, что позволило представлять поля скоростей в виде распределения скорости по радиальной координате (углу θ) на различных радиусах. В рамках эксперимента задавались малые углы дрейфа $\alpha = 0, 3, 6^\circ$.

В результате экспериментальных исследований получены данные о зависимости степени неоднородности поля скоростей в ближнем следе от размеров крыльев, их формы в плане и от формы выходящей кромки, места расположения крыльев на теле вращения. Изучено влияние на поля скоростей изменения угла атаки (дрейфа) тела вращения.

Неоднородность поля скоростей в следе за крылом оценивалась по степени неравномерности потока, которая для данного радиуса определялась как

$$\lambda_r = \max \left(\frac{V(\theta)}{V_\infty} \right) - \min \left(\frac{V(\theta)}{V_\infty} \right),$$

где $V(\theta)$ – скорость потока при данном угле θ , осредненная по серии экспериментов, V_∞ – скорость набегающего потока.

Проведенные в аэродинамической трубе ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова испытания при нулевом угле атаки показали, что в следе за каждым из рассматриваемых крыльевых профилей скорость потока снижена вследствие наличия вязкого следа. При этом степень неравномерности потока в следе относительно тонких и длинных крыльев (типы 1, 5)

по сравнению с более толстыми, но менее длинными (типы 2, 3, 4) оказывается ниже. Причиной значительной неравномерности потока за устанавливаемыми профилями являются плохо обтекаемые задние кромки, вызывающие отрыв потока и потерю скорости в следе, а также малое расстояние от выходных кромок крыльев до плоскости измерений.

Высокие значения степени неравномерности потока, полученные в результате экспериментов у крыльев с закругленной задней кромкой (типы 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1), объясняются отрывным обтеканием выходных кромок, а в ряде случаев – образованием зоны возвратного течения и значительной потерей скорости в ближнем следе.

Напротив, при использовании крыльев с поперечными сечениями в виде хорошо обтекаемых крыльевых профилей с заостренной выходной кромкой (типы 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2) зафиксировано снижение степени неравномерности в 3–3,5 раза по сравнению с аналогичными в плане крыльями с закругленной выходной кромкой. Снижения степени неравномерности потока за крыльями, установленными на теле вращения, можно также добиться, если увеличивать зазор между выходной кромкой крыла и плоскостью расположения движителя. Согласно полученным в экспериментах данным смещение плоскости измерений характеристик потока ниже по течению с $0,4D$ до $0,8D$ вдоль оси корпуса модели в корму обеспечивает снижение степени неравномерности потока в 1,5 раза.

Степень неравномерности потока падает быстрее всего за относительно толстыми крыльевыми профилями (например, типа 4-2) и медленнее за длинными тонкими профилями (например, типа 1-2 и 5-2).

На малых радиусах (например, на радиусе $D/4$) в плоскости, перпендикулярной набегающему потоку, степень неравномерности потока ниже, чем на больших (например, $D/3$) для всех рассматриваемых типов крыловых профилей, за исключением крыльев типа 3-2. У последнего типа верхняя кромка располагается на меньшем радиусе, чем у остальных рассматриваемых крыльев, что может обуславливать влияние концевой вихря на поле скоростей в следе крыльевых профилей.

При обтекании тела вращения под ненулевым углом дрейфа горизонтально установленные крылья (закрепленные в горизонтальной плоскости XOZ) находятся соответственно с наветренной и подветренной сторон модели. Крылья, закрепленные в вертикальной плоскости YOZ , обтекаются под углом, эквивалентным углу атаки. Скорости в сечении с подветренной стороны тела вращения оказываются меньше, чем с наветренной.

С ростом угла дрейфа за крыльями с заостренной задней кромкой, размещенными (в горизонтальной плоскости XOZ) с наветренной стороны, скорости потока меняются слабо. С подветренной стороны с ростом угла атаки скорость в следе имеет тенденцию к снижению при 3° и последующему росту при 6° .

С ростом угла дрейфа с подветренной стороны на радиусе $R = D/3$ возникают зоны замедленного течения. Падение скорости в этих областях вызвано увеличением толщины пограничного слоя и ростом завихренности потока.

С ростом угла дрейфа в пределах от 0 до 6° минимальная скорость в следе за вертикальными закрепленными крыльями возрастает, а ширина следа увеличивается.

Сколько-нибудь заметное взаимное влияние установленных крыльев проявляется в диапазоне углов θ , равных не более $\pm 20^\circ$, считая от плоскости расположения рассматриваемого крыла. При удалении от задних кромок крыльев вниз по течению взаимное влияние соседних крыльев снижается.

В гидродинамической трубе была проведена визуализация основных вихревых структур, образующихся на корпусах моделей при их обтекании [2]. Траектории распространения подпорного и концевой вихрей вниз по течению удалось получить совместно с коллегами из Санкт-Петербургского политехнического университета благодаря PIV LDA-технологии [3].

Численное моделирование. Как упоминалось выше, несмотря на обширность вариантов постановок задачи, рассмотренной в рамках экспериментальных исследований, модельный эксперимент дает информацию лишь о дискретных значениях осредненных скоростей. Для получения детальной информации рационально привлечение численных методов. Эксперимент, в свою очередь, служит эффективным способом валидации применяемых численных методов.

В рамках численного моделирования был протестирован ряд популярных моделей турбулентности: низкорейнольдсовая «реализуемая» $k-\epsilon$ модель турбулентности [4], высокорейнольдсовая «реализуемая» $k-\epsilon$ модель турбулентности совместно с неравновесными пристенными функциями [5], $k-\omega$ SST модель [6], переходная $k-kl-\omega$ модель турбулентности [7] и переходная SST модель турбулентности [8]. Исследовано влияние на результаты расчета полей средних скоростей в кормовой оконечности тела вращения с закрепленным крылом следующих факторов: формы крыла; способа аппроксимации (разрешения) пограничного слоя на теле вращения и закрепленных крыльях; отрыва потока

от поверхности закрепленного крыла; перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентное состояние на поверхности крыла; точность задания геометрии крыла; точность при определении координат точек фиксации значений осредненной скорости в следе за крылом; интенсивности турбулентности набегающего потока; характерного числа Рейнольдса.

Поля осредненных скоростей фиксировались в ближнем следе тела вращения в двух плоскостях расположения импровизированного движителя на расстояниях $0,04D$ и $0,08D$ от выходных кромок крыльев, закрепленных на теле вращения.

Тестовые расчеты были первоначально проведены для тела вращения, соответствующего по размерам и форме модели в эксперименте. Графики распределения безразмерной продольной составляющей скорости вдоль потока w/w_0 (рис. 2, 3, экспериментальные данные осреднены по серии экспериментов) демонстрируют, что соответствие эксперименту по полям скоростей достигается при использовании низкорейнольдсовой и высокорейнольдсовой форм «реализуемой» $k-\epsilon$ модели турбулентности совместно с неравновесными пристенными функциями. Координата Z – расстояние от носа модели в абсолютном выражении.

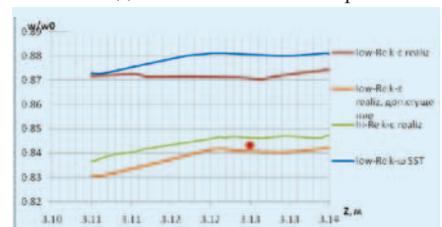


Рис. 2. Распределение расчетной безразмерной скорости по продольной координате, $\theta = 45^\circ$, $R = D/3$

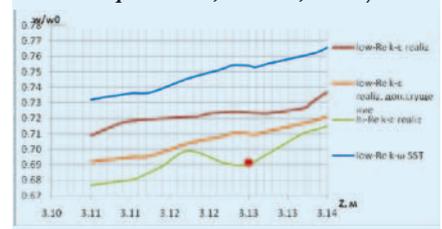


Рис. 3. Распределение расчетной безразмерной скорости по продольной координате, $\theta = 45^\circ$, $R = D/4$

Модель турбулентности $k-\omega$ SST, несмотря на обеспечение значений $y^+ < 0,3$ в пристенных ячейках расчетной сетки, дает завышенные на 4–5% значения безразмерной скорости в ближнем следе. Вышеозначенные отклонения от экспериментальных значений осредненной скорости нежелательны для ведения инженерных расчетов.

Расчеты полной конфигурации: тела вращения с закрепленными крыльями различной формы выявили аномально завышение высокорейнольдсовой «реализуемой» $k-\epsilon$ моделью турбулентности с использованием неравновесных при-

стенных функций осредненных значений скорости в ближнем следе за закрепленными крыльями. Для пяти исследуемых типов крыльев с острой выходной кромкой это завывшение составляло величину, близкую к 10%. В качестве примера на графике (рис 4) представлено распределение безразмерной продольной составляющей скорости вниз по потоку от плоскости расположения выходных кромок крыла типа 1-2.

«Реализуемая» k - ϵ модель турбулентности обеспечивает относительно точные результаты при моделировании турбулентного пограничного слоя, развивающегося на теле вращения при характерных числах Рейнольдса порядка $\sim 6 \cdot 10^6$. Однако обтекание выступающих частей, в частности крыльев, носит иной характер, во-первых, по причине того, что набегающий на крыло поток определяется геометрией тела вращения. Во-вторых, характерные для обтекания крыла числа Рейнольдса на порядок меньше, чем для тела вращения, т.е. $Re = 6 \cdot 10^5$. При таких числах Рейнольдса применение высокорейнольдсовых моделей может приводить к численным ошибкам. В-третьих, несмотря на способность высокорейнольдсовой «Realizable» k - ϵ модели турбулентности довольно точно предсказывать поверхностное трение, ее возможности, учитывая применение неравновесных пристенных функций, точно предсказать ламинарно-турбулентный переход, имеющий место на поверхности крыла, детально не исследованы.

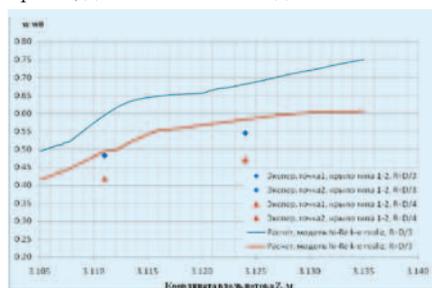


Рис. 4. Распределение безразмерной продольной составляющей за крылом типа 1-2 на радиусе R , $\theta = 0^\circ$, угол атаки $\alpha = 0^\circ$

Вместе с тем поля осредненных скоростей, полученные с использованием низкорейнольдсовой «реализуемой» k - ϵ модели турбулентности, соответствовали экспериментальным с точностью 1% для каждого типа крыла. На рис. 5 и 6 представлены распределения безразмерной продольной составляющей скорости по радиальной координате (углу θ). Минимумы скорости соответствуют углам θ , на которых размещается крыло типа 2-2. Максимумы кинетической энергии пульсаций k на рис. 6 соответствуют минимумам осредненной скорости:

$$k = \frac{1}{2} \overline{u_i' u_i'}$$

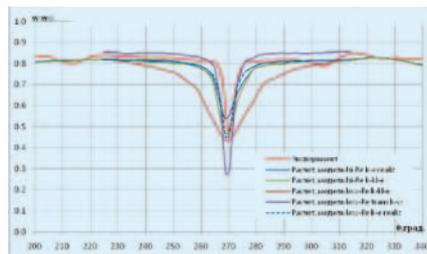


Рис. 5. Распределение безразмерной продольной составляющей скорости на радиусе $(D/3)$ от оси и расстоянии $0,04D$ от выходной кромки крыла типа 2-2 при угле дрейфа $\alpha = 0^\circ$

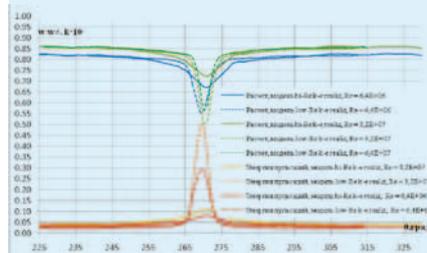


Рис. 6. Распределение безразмерной продольной составляющей скорости и турбулентной кинетической энергии на радиусе $(D/3)$ от оси и расстоянии $0,08D$ от выходной кромки крыла типа 2-2 при угле дрейфа $\alpha = 0^\circ$

С удалением вниз по течению от выходных кромок крыльев пульсации скорости уменьшаются. С ростом чисел Рейнольдса энергия пульсаций в предполагаемой плоскости расположения двигателя возрастает.

С ростом угла дрейфа распределение осредненной скорости по радиальной координате меняет свой вид (рис. 7). Чрезмерно быстрое восстановление профиля скорости в ближнем следе, выявленное при нулевом угле дрейфа (атаки), с ростом угла приводит к появлению более существенных различий расчетных и экспериментальных полей скоростей с подветренной стороны модели.

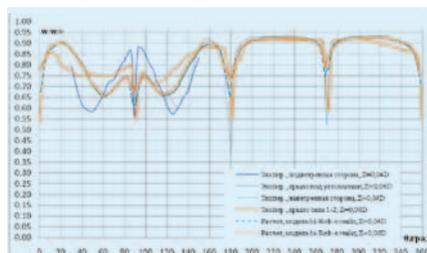


Рис. 7. Распределение безразмерной продольной составляющей скорости на радиусе $(D/3)$, на расстояниях $0,04D$ и $0,08D$ от выходной кромки крыла типа 1-2 при угле дрейфа $\alpha = 6^\circ$

Исследование обтекания тела вращения с установленными крыльями в диапазоне чисел Рейнольдса $Re = 6 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^7$ для всех рассматриваемых типов крыльев показало рост степени неравномерности поля скоростей в ближнем следе с ростом чисел Рейнольдса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью исследования полей скоростей в следах был поиск путей снижения степени неравномерности потока. Основным фактором, обуславливающим высокую степень неравномерности поля скоростей в следах за инженерными конструкциями и подводными аппаратами, является наличие у выступающих частей плохо обтекаемой выходной кромки, вызывающей отрыв потока, образование застойных зон и, как следствие, значительную потерю скорости потока в ближнем следе.

По результатам численных исследований и сравнения полей скоростей с экспериментами при малых углах атаки набегающего потока среди рассмотренных в настоящей статье моделей турбулентности только низкорейнольдсовая «реализуемая» k - ϵ модель обеспечивает приемлемую с инженерной точки зрения точность описания полей скоростей в следах за крыльями профилями, закрепленными на теле вращения. Применение высокорейнольдсовых моделей турбулентности требует введения новых форм пристенных функций, которые обеспечили бы корректность разрешения ближнего следа [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобачев М.П., Овчинников Н.А., Пустошный А.В. Численное моделирование работы гребного винта в неоднородном потоке. – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2009, вып. 49 (333).
2. Vorobyev A.S., Gouzevov A.S., Solov'yev S.U. Downstream vortices spreading near the axisymmetric body. – International conference on the methods of aerophysical research, Novosibirsk, 2010.
3. Гузев А.С., Соловьев С.Ю., Воробьев А.С., Митяков А.В., Митяков В.Ю., Можайский С.А., Сапожников С.З. Распространение концевой вихря за профилем. Оптические методы исследования потоков. – XI Международ. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]: Тр. конф. – Электрондан. – М.: МЭИ (ТУ), 2011. Докл. № 72, ISBN 987-5-9902974-1-8.
4. Shih T.-H., Liou W. W., Shabbir A., Yang Z., Zhu J. A New k - ϵ Eddy-Viscosity Model for High Reynolds Number Turbulent Flows-Model Development and Validation // Computers Fluids, 1995, 24(3), p. 227–238.
5. Kim S.-E., Choudhury D. A Near-Wall Treatment Using Wall Functions Sensitized to Pressure Gradient. – In: ASME FED, 1995, Vol. 217, Separated and Complex Flows.
6. Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications // AIAA. – 1994. – 32(8), p. 1598–1605.
7. Walters K., Cokljat D. A three-equation eddy-viscosity model for reynolds-averaged navier-stokes simulations of transitional flows // J. of Fluids Engineering. – 2008. – 130.
8. Menter F.R., Langtry R.B., Likki S.R., Suzen Y.B., Huang P.G., Volker S. A Correlation Based Transition Model Using Local Variables Part 1 - Model Formulation. – In: (ASME-GT2004-53452), 2004.
9. Короткий А.И., Роговой Ю.А. Методы расчета продольных средних скоростей в пристенных турбулентных течениях несжимаемой жидкости // Морской вестник. – 2009.–№1. ■

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОИСКУ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

П.А. Шауб, д-р техн. наук, проф., 1 ЦНИИ МО РФ,
контакт. тел. (812) 232 2026

Рассмотрение методов многокритериальной оптимизации показывает, что все известные методы векторного синтеза оптимальной системы непосредственно или косвенно сводятся к скалярному синтезу [1, 2]. Это означает, что частные критерии, как правило, объединяются в составной критерий, который в дальнейшем минимизируется или максимизируется. Но, если подобрать частные критерии, объективно характеризующие физическую сущность функционирования исследуемой системы, в принципе, возможно, то отыскать объективные взаимозависимости между ними при объединении их в составной критерий очень затруднительно, а порой и нереально [3]. Кроме того, это объединение формальное, что неизбежно ведет к субъективности получаемого «оптимального» решения. В связи с этим в последнее время чаще прибегают к оценке альтернативных решений, чем к созданию самой оптимальной системы. Это дает возможность в отсутствие знания аналитического вида зависимости составного критерия искать оптимальное решение на основе критерия предпочтения одной системы перед другой. Если системы I и II характеризуются частными критериями X_i^I и X_i^{II} соответственно, где $i = 1..n$, и выполняется неравенство $X_i^I \geq X_i^{II}$ хотя бы для одного значения i , то система I предпочтительнее системы II. Однако в общем случае критерий предпочтения не позволяет довести задачу до конца, а дает лишь возможность определить область компромисса, в которой ищется оптимальное решение.

Если найдена функциональная зависимость обобщенного критерия

$$X = f(x_i) \quad (1)$$

при заданных ограничениях, то оптимальным будет решение, дающее максимум (минимум) выражения (1). Для этой цели можно воспользоваться методом неопределенных множителей Лагранжа. Однако, как указывалось выше, весьма трудно найти аналитическое выражение равенства (1), что вынуждает прибегать к формальным методам.

В данной работе рассмотрим один из таких формальных методов, основанный на принципе равенства, который означает, что в нормированном виде все частные критерии изменяют свои значения в пределах 0–1 [4]. При этом желательно, чтобы все частные критерии были бы как можно ближе к своему максимальному значению – к единице. Кроме того, должно соблюдаться еще одно условие – равенство их важности. Если аналогичные условия потребовать и от обобщенного критерия (1), то условие оптимальности запишется в виде

$$\frac{X_{1opt}}{X_{1o}} = \frac{X_{2opt}}{X_{2o}} = \dots = \frac{X_{nopt}}{X_{no}} \quad (2)$$

при $C \geq f(X_{1opt}; X_{2opt}; \dots; X_{nopt})$, где $X_{1o}, X_{2o}, \dots, X_{no}$ – нормирующие делители; C – ограничение

$$F(X_i) \leq C (i = 1..n). \quad (3)$$

Безусловно, представление частных критериев и обобщенного критерия в нормируемом виде с изменением в диапазоне 0–1 является большим преимуществом и дает возможность широко использовать развитый аппарат математической логики, булевы функции алгебры логики и т.п.

Докажем справедливость выражения (2) при принятых выше условиях. Пойдем от обратного. Будем считать, что нам известно аналитическое выражение обобщенного критерия (1). Требуется определить X_{iopt} . Тогда $X_{opt} = f(X_{iopt})$.

Для простоты примем два частных критерия: X_1 и X_2 ($i = 1, 2$). Заданы их минимально допустимые значения X_{1min}, X_{2min} при заданных ограничениях их функциональной связи

$$F(X_1, X_2) = C. \quad (4)$$

Пусть функциональная связь будет иметь следующий вид:

$$X_1 \cdot X_2 = C. \quad (5)$$

Определим область компромисса:

$$X_{1max} = \frac{C}{X_{2min}}; \quad X_{2max} = \frac{C}{X_{1min}}.$$

Введем нормированные критерии

$$\bar{X}_1 = \frac{X_1}{X_{1max}} = \frac{X_1 X_{2min}}{C}; \quad (6)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{X_2}{X_{2max}} = \frac{X_2 X_{1min}}{C}.$$

Тогда обобщенный критерий, например, в аддитивном виде будет выражаться как

$$X = f(X_1, X_2) = \frac{X_1 X_{2min}}{C} + \frac{X_2 X_{1min}}{C}. \quad (7)$$

Для нахождения X_{1opt} и X_{2opt} используем метод неопределенных множителей Лагранжа:

$$\Phi(X_1, X_2) = f(X_1, X_2) + \lambda [F(X_1, X_2) - C]. \quad (8)$$

Подставляя в выражение (8) значения функций по выражения (5) и (7) и беря частные производные, приравняв их к «0», получаем систему уравнений

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi(X_1, X_2)}{\partial X_1} &= \frac{X_{2min}}{C} - \lambda X_2 = 0; \\ \frac{\partial \Phi(X_1, X_2)}{\partial X_2} &= \frac{X_{1min}}{C} - \lambda X_1 = 0; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} X_{2opt} &= \frac{X_{2min}}{\lambda C}; \\ X_{1opt} &= \frac{X_{1min}}{\lambda C}. \end{aligned}$$

Значение λ получаем из уравнения связи (5):

$$\frac{X_{1min}}{\lambda C} \cdot \frac{X_{2min}}{\lambda C} = C; \quad \lambda = \left(\frac{X_{1min} X_{2min}}{C^3} \right)^{1/2}.$$

В этом случае

$$\begin{aligned} X_{1opt} &= \left(C \frac{X_{1min}}{X_{2min}} \right)^{1/2}; \\ X_{2opt} &= \left(C \frac{X_{2min}}{X_{1min}} \right)^{1/2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Получим теперь выражение (10) из условия принципа равенства при отсутствии аналитического выражения обобщенного критерия (7). Тогда

$$\frac{X_{1opt}}{X_{1max}} = \frac{X_{2opt}}{X_{2max}}. \quad (11)$$

Используя выражение (6), из (11) получаем

$$X_{1opt} = \frac{X_{2opt} X_{1min}}{X_{2min}}; \quad (12)$$

используя значение (5), получаем

$$\begin{aligned} X_{2opt} \frac{X_{1min}}{X_{2min}} X_{2opt} &= C; \\ X_{2opt} &= \left(C \frac{X_{2min}}{X_{1min}} \right)^{1/2}. \end{aligned}$$

Аналогично

$$X_{1opt} = \left(C \frac{X_{1min}}{X_{2min}} \right)^{1/2}. \quad (13)$$

Как видим, выражения (10) и (13) идентичны.

Теперь покажем, что для выполнения условия (11) реализуется требование изменения нормированного оптимального критерия в пределах 0–1. Принимаемая те же условия, что и в первой задаче, нормированные критерии будут определяться из выражения (6), тогда

$$\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2 = \frac{X_1 X_2 X_{1min} X_{2min}}{C^2}.$$

Принимая $X_{1min} \times X_{2min} = a$ и учитывая выражение (5), получаем

$$\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2 = \frac{a}{C} = \text{const}. \quad (14)$$

Приняв, что \bar{X}_{1opt} и \bar{X}_{2opt} изменяются в пределах 0–1, построим по выражению (14) график.

Если $\bar{X}_{1opt} = \bar{X}_{2opt}$, то, проведя из начала координат прямую под углом 45° в точке пересечения ее с кривой, получим искомые значения оптимальных параметров k :

$$\bar{X}_{1opt} = \bar{X}_{2opt} = k. \quad (15)$$

Переходя к истинным значениям оптимальных параметров, из выражения (6) находим

$$\begin{aligned} X_{1\text{опт}} &= \bar{X}_{1\text{опт}} \times X_{1\text{max}} = kX_{1\text{max}}; \\ X_{2\text{опт}} &= \bar{X}_{2\text{опт}} \times X_{2\text{max}} = kX_{2\text{max}}. \end{aligned} \quad (16)$$

Если обобщенный нормированный критерий представлен в виде мультипликативной связи нормированных оптимальных критериев, то его изменение будет лежать в тех же пределах 0–1:

$$\bar{X}_{\text{опт}} = \bar{X}_{1\text{опт}} \times \bar{X}_{2\text{опт}} = k^2. \quad (17)$$

Связь обобщенного критерия с нормированным будет описываться выражением

$$X_{\text{опт}} = f(X_{1\text{опт}}, X_{2\text{опт}}) = k^2 X_{1\text{max}} X_{2\text{max}}. \quad (18)$$

Таким образом, в общем виде

$$\begin{aligned} \bar{X}_{1\text{опт}} &= \bar{X}_{2\text{опт}} = \dots = \bar{X}_i = \dots = X_{i\text{опт}} / X_{i\text{max}} \quad (i=1..n); \\ \bar{X}_{\text{опт}} &= \prod_{i=1}^n \bar{X}_{i\text{опт}} \quad \text{при } \bar{X}_{i\text{опт}} > 0 \text{ и } \bar{X}_{i\text{max}} > 0 \end{aligned} \quad (19)$$

с пределами изменения 0–1. При этом наилучший вариант должен стремиться к «1».

В общем виде рекомендуется запись исследуемого параметра « i » (частного критерия) в виде

$$\bar{X}_i = 1 - \frac{X_i}{X_{i0}}. \quad (20)$$

где X_i – текущее значение исследуемого частного критерия; X_{i0} – нормирующий делитель.

Нормирующим делителем могут быть максимальные значения исследуемого параметра, значения требуемых норм правил проектирования, параметров прототипа и т.п.

Согласно ст. 432 Гражданского Кодекса РФ существенными для договоров о морской перевозке грузов по чартеру являются предмет договора, условия, которые названы в законе или иных правовых актах как существенные или необходимые, а также все те условия, относительно которых по заявлению одной из сторон должно быть достигнуто соглашение. О.С. Иоффе, рассматривая проблему существенных условий, писал: «Существенными считаются условия, которые необходимы и достаточны для заключения договора. Это означает, что при отсутствии хотя бы одного из них договор не признается заключенным, а если все существенные условия налицо, он вступает в действие, даже если не содержит никаких других условий» [1].

Действительно, как сам вид договора, так и возможность указывать в нем иные условия зависят от содержания этих самых существенных условий.

Договор морской перевозки грузов по чартеру, как и любой другой договор, имеет ряд своих существенных условий, без которых, согласно Гражданскому Кодексу РФ он будет считаться незаключенным. В соответствии со ст. 120 Кодекса торгового мореплавания

Пример. Рассмотрим задачу оптимизации массы перевозимого груза и скорости хода при заданном водоизмещении либо себестоимости перевозки.

Для удобства возьмем задачу из [5]. Таким образом, будем оптимизировать массу перевозимого груза $m_c = X_1$ и скорость хода судна $V = X_2$. При этом задано:

$$m_{\text{гmin}} = X_{1\text{min}} \text{ и } V_{\text{min}} = X_{2\text{min}}. \quad (1)$$

Ограничением является водоизмещение судна D либо себестоимость перевозки $S_{\text{э}} = S_D D$. Предположим, целевая функция отсутствует, мы ее не строим. Уравнение масс представим в виде

$$AD + \frac{q_{\text{эв}}}{C_w} V^3 D^{2/3} + m_{\text{г}} = D. \quad (2)$$

Тогда для нахождения области компромисса определяем $X_{1\text{max}}$ и $X_{1\text{min}}$ из уравнения масс (2):

$$\begin{aligned} X_{1\text{max}} &= m_{\text{гmax}} = D - AD - \frac{q_{\text{эв}}}{C_w} V_{\text{min}}^3 D^{2/3}; \\ X_{2\text{max}} = V_{\text{max}} &= \left[\frac{(D - AD - m_{\text{гmin}}) C_w}{q_{\text{эв}} D^{2/3}} \right]^{1/3}. \end{aligned} \quad (3)$$

Исходя из условия принципа равенства $\bar{X}_{1\text{опт}} = \bar{X}_{2\text{опт}}$ при

$$\bar{X}_{1\text{опт}} = \frac{X_{1\text{опт}}}{X_{1\text{max}}}; \quad \bar{X}_{2\text{опт}} = \frac{X_{2\text{опт}}}{X_{2\text{max}}} \text{ и } \frac{X_{1\text{опт}}}{X_{1\text{max}}} = \frac{X_{2\text{опт}}}{X_{2\text{max}}},$$

$$\text{находим } \frac{m_{\text{гопт}}}{m_{\text{гmax}}} = \frac{V_{\text{опт}}}{V_{\text{max}}}. \quad (4)$$

Подставляя значение

$$m_{\text{гопт}} = \frac{V_{\text{опт}}}{V_{\text{max}}} m_{\text{гmax}} \quad (5)$$

в уравнение (2), получаем значение $V_{\text{опт}}$, а по выражению (4) – значение $m_{\text{гопт}}$.

Примем значения $[X_{\text{гп}}]$:

$$\begin{aligned} q_{\text{эв}} &= 0,04 \text{ т/кВт}; \quad C_w = 100 \frac{\text{кг}}{\text{кВт}}; \\ A &= 0,3; \quad V_{\text{min}} = 10 \text{ уз}; \quad m_{\text{гmin}} = 5 \text{ тыс. т}; \\ D &= 38,4 \text{ тыс. т. Тогда} \end{aligned}$$

$$m_{\text{гmax}} = 38,4 - 0,3 \cdot 38,4 -$$

$$- \frac{0,04}{100} \cdot 1000 \cdot 38,4^{2/3} = 22,33;$$

$$V_{\text{max}} = \left[\frac{2188}{0,04 \cdot 38,4^{2/3}} \right]^{1/3} = 16,88.$$

Принимая во внимание выражение (5), из выражения (2) получаем

$$11,52 + 0,005 V_{\text{опт}}^3 + V_{\text{опт}} \cdot 1,323 = 38,4;$$

$$V_{\text{опт}}^3 + 264,6 V_{\text{опт}} = 5400;$$

$$V_{\text{опт}} = 12,7.$$

Из уравнения (5)

$$m_{\text{гопт}} = \frac{12,7}{16,88} 22,33 = 16,8.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров И.Г. Теория компромиссных решений при проектировании корабля. – Л.: Судостроение, 1997.
2. Шауб П.А. Особенности аналитического моделирования функциональных структур при функциональном проектировании. – СПб.: Моринтех–97, 1997.
3. Он же. Проблемные вопросы современного проектирования // Судостроение. – 1991. – №10.
4. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984.
5. Худяков Л.Ю. Исследовательское проектирование кораблей. – Л.: Судостроение, 1980. ■

СУЩЕСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ДОГОВОРА МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ ПО ЧАРТЕРУ

С.С. Павлов, аспирант,

Российская правовая академия Министерства юстиции РФ,

контакт. тел. +7 916 910 4251

РФ (далее – КТМ РФ) он должен содержать наименование сторон, название судна, указание на род и вид груза, размер фрахта, наименование места погрузки груза, а также наименование места назначения или направления судна.

Следовательно, отсутствие данных условий влечет за собой незаключенность договора.

Авторы поправок в общую часть Гражданского кодекса РФ, работа над которыми в настоящее время ведется, предлагают включить в текст закона ст. 446¹, в соответствие с которой, в частности, сторона, принявшая от другой стороны полное или частичное испол-

нение по договору или иным образом подтвердившая его действие, не вправе требовать признания этого договора незаключенным, если иное не предусмотрено законом*. Таким образом, наблюдается изменение взгляда законодателя на категоричность существенных условий в пользу стабильности торгового и гражданского оборота** [2].

* www.arbitr.ru/press-centr/news/31726.html

** Данные поправки в настоящее время не имеют юридической силы, поэтому при анализе существенных условий чартера оценка последним будет даваться исходя из действующего законодательства. При анализе существенных условий автор будет обращаться к таким поправкам, где, по его мнению, это необходимо.

Вышеуказанные существенные условия можно подразделить на следующие группы:

относящиеся к сторонам договора;
относящиеся к судну;
индивидуализирующие перевозимый груз;

относящиеся к оплате выполненной услуги (фрахт); относящиеся к погрузке груза и его транспортировке.

В соответствии со статьей 787 ГК РФ сторонами договора чартера являются фрахтователь и фрахтовщик.

Лицо, заключая договор морской перевозки грузов по чартеру в качестве фрахтователя, может действовать напрямую, от собственного имени и в своих интересах. Однако следует учитывать тот факт, что лицо, желающее зафрахтовать судно, может действовать через представителя, а также на основе договоров комиссии, агентского договора и иных типичных договоров. В этом случае нужно анализировать природу конкретного посреднического правоотношения. Так, если лицо заключает договор фрахтования, действуя при этом на основании договора поручения, то согласно п. 1 ст. 971 ГК РФ права и обязанности по сделке, совершенной представителем, возникают непосредственно у доверителя.

Между тем лицо, которое действует на основании договора комиссии (комиссионер), само становится фрахтователем по договору фрахтования. Такой вывод можно сделать на основании ст. 990 ГК РФ, согласно которой по сделке, совершенной комиссионером с третьим лицом, комиссионер приобретает права и становится обязанным, даже если комитент и был назван в сделке или вступил с третьим лицом в непосредственные отношения по исполнению сделки.

Таким образом, все права и обязанности, предусмотренные договором о чартере, возникают именно у комиссионера, и именно они обладают правом требовать от фрахтовщика исполнения последним своих обязанностей. В свою очередь комиссионер несет ответственность перед фрахтовщиком за неисполнение или ненадлежащее исполнение своих обязательств по чартеру.

На практике встречаются случаи, когда лицо признается фрахтователем не в силу подписания договора, а в силу совершения таким лицом конклюдентных действий. Так, имелся прецедент, когда суд указал, что «лицо, осуществившее все права и исполнившее все обязанности, предоставляемые фрахтователю по чартеру, связано условиями этого чартера, а сам чартер считается заключенным, несмотря на то, что документ, содержащий условия чартера, этим лицом не подписан». В обосновании своего решения Морская арбитраж-

ная комиссия обратила внимание на то, что лицо, которое должно выступать в качестве фрахтователя, не подписало чартер, но, в свою очередь, «...в полной мере осуществило все права и обязанности, предоставленные чартером ему как фрахтователю (в частности, предоставило груз для погрузки на судно, уплатило фрахт), то, следовательно, условия чартера были одобрены. При этом истец должен считаться связанным условиями чартера, а сам чартер с перевозчиком должен считаться заключенным» [2].

Как видно, речь идет о конклюдентных действиях, которые позволяют установить участника правоотношения при отсутствии прямых доказательств такого участия.

Как следует из ст. 787 ГК РФ, фрахтовщик – это лицо, которое обязуется предоставить за плату всю или часть вместимости одного или нескольких транспортных средств.

В КТМ РФ фрахтовщик как участник правоотношений не упоминается, однако используются понятия «судовладелец» и «перевозчик». В ст. 120 КТМ РФ упоминается «перевозчик» как сторона договора.

Следует проанализировать понятия «судовладелец», «фрахтовщик» и «перевозчик» и установить их соотношение.

Под судовладельцем в ст. 8 КТМ РФ понимается лицо, эксплуатирующее судно от своего имени, независимо от того, является ли оно собственником судна или использует его на ином законном основании. В соответствии со ст. 12 КТМ РФ право собственности на судно имеют граждане и юридические лица; Российская Федерация; субъекты Российской Федерации; муниципальные образования. В ст. 13 КТМ РФ указано, что собственник судна вправе по своему усмотрению совершать в отношении судна любые действия, не противоречащие закону и иным правовым актам Российской Федерации и не нарушающие права и охраняемые законом интересы других лиц, в том числе отчуждать судно в собственность другим лицам, передавать им, оставаясь собственником, права владения, пользования и распоряжения судном, устанавливать ипотеку судна и обременять его другими способами, распоряжаться им иным образом. Наряду с этим судовладелец несет ответственность за вред, который был причинен в период эксплуатации судна. Так, президиум Высшего Арбитражного суда РФ в обзоре практики применения судами Кодекса торгового мореплавания постановил, что судовладелец, поскольку договором не предусмотрено иное, несет ответственность за ущерб, причиненный столкновением судна [3].

С другой стороны, судовладелец может эксплуатировать судно не в своих собственных интересах, а в интересах других лиц. Такая ситуация возникает, когда заключен договор доверительного управления. Здесь имеются два участника: собственник судна, предоставивший транспортное средство и судовладелец, осуществляющий эксплуатацию судна.

Согласно ст. 14 КТМ РФ собственник судна вправе передать его доверительному управляющему по договору доверительного управления судном на срок, не превышающий пяти лет, для осуществления управления судном за вознаграждение в интересах собственника. В соответствии со ст. 1012 ГК РФ сделки с переданным в доверительное управление имуществом доверительный управляющий совершает от своего имени. Следовательно, при эксплуатации судна на основании доверительного управления судовладельцем, по смыслу ст. 8 КТМ РФ, является доверительный управляющий, который приобретает все права и обязанности из такой деятельности.

Понятие «перевозчик» также используется в КТМ РФ. Так, согласно ст. 115 КТМ РФ перевозчиком является лицо, которое заключило договор морской перевозки груза с отправителем или фрахтователем или от имени которого заключен такой договор.

В данной статье дано широкое понятие «перевозчик», смысл которого заключается в том, что лицо, желающее выступить в правоотношениях перевозки грузов в качестве перевозчика, может стать таковым, используя предоставленные гражданским законодательством, инструменты, в том числе посредством договора поручения, агентского договора, где агент действует от имени принципала, а также посредством иных подобных договоров.

Фрахтовщик может быть и собственником судна, и (или) судовладельцем. При этом судовладелец становится фрахтовщиком только по договору фрахтования. Это частный случай.

Таким образом, осуществлять перевозку может быть лицо, владеющее судном на законном основании и заключившее договор морской перевозки грузов.

Во вторую группу входит условие о названии судна. Каждое судно должно быть зарегистрировано в судовом реестре согласно ст. 20 КТМ РФ. При регистрации судну присваивается название, изменение которого возможно только с согласия фрахтователя, поскольку последний должен иметь возможность отслеживать перемещение груза, предоставленного для перевозки, в том числе путем отслеживания технических характеристик конкретного судна.

Закон не указывает в качестве существенных условий условия о флаге и

национальности судна. Информация о таких условиях (взаимосвязанных друг с другом согласно статье 17 КТМ РФ) не всегда является обязательной для конкретного договора перевозки по чартеру. Более того, согласно ст. 120 КТМ РФ по соглашению сторон в чартер могут быть включены иные условия и оговорки.

К третьей группе относятся условия касательно перевозимого груза. В данной группе речь идет о роде и виде груза. Как указывает Г.Г. Иванов, «хотя в ст. 120 КТМ выдвигается требование указать в чартере «род и вид груза», практически степень детализации, с которой в чартере дается характеристика груза, может быть различной. Иногда предмет перевозки определяется самым общим образом – «любой законный груз» (any lawful merchandise)» [4].

В данном случае следует применять положения абзаца 2 ст. 432 ГК РФ говорящие о том, что существенными условиями являются условия, необходимые для данного вида договора.

Согласно абзацу 2 п. 2 ст. 446 [4] вносимой в качестве поправки в Гражданский кодекс РФ, если иное не предусмотрено законом или не вытекает из существа договора, при рассмотрении спора по требованию одной из сторон договора о признании его незаключенным суд вправе по заявлению другой стороны признать договор заключенным и определить соответствующее существенное условие, по которому не было достигнуто соглашение сторон при заключении договора с тем, чтобы обеспечить баланс интересов обеих сторон договора и исходя из требований разумности и справедливости*.

Рассматривая вопрос об определении рода и вида груза в чартере в свете вышеуказанной поправки, можно отметить, что данная статья положительно отразится на стабильности торгового оборота и сможет защитить участника отношений от произвола контрагента, поскольку представляется весьма затруднительным доказать, что запись такого условия в договоре о чартере, как «любой законный груз», необходима для конкретного чартера.

Более удачным по сравнению с нормами КТМ РФ можно считать требование указывать в соответствии со ст. 122 Кодекса торгового мореплавания СССР 1968 г. обозначение груза. Такое определение предоставляло сторонам больше свободы в определении характеристик груза.

Следовательно, необходимо изменить требования статьи к характеристике груза путем предоставления сторонам возможности самим указывать его отличительные и иные необходимые элементы.

* www.arbitr.ru/press-centr/news/31726.html

Следующим существенным условием, которое должно содержаться в договоре о чартере, является условие о размере фрахта. В КТМ РФ отсутствует определение понятия «фрахт». Из анализа §7 КТМ РФ можно сделать вывод, что фрахт – это плата за услугу по перевозке груза, исходя из количества последнего.

Данный подход к понятию фрахта отличается от того подхода, который использовался в КТМ СССР 1968 г. Согласно ст. 148 КТМ СССР грузоотправитель обязан уплатить фрахт пропорционально фактически пройденному судном расстоянию. Судебная практика, разрешая споры о выплате фрахта еще в период действия КТМ СССР 1968 г., делала следующий вывод: «Договор морской перевозки груза по российскому морскому праву является договором о достижении определенного полезного результата – доставки груза в порт назначения, поэтому в соответствии с ч. 4 ст. 148 КТМ СССР 1968 г. отправитель обязан уплатить фрахт перевозчику пропорционально фактически пройденному судном расстоянию» (Решение по делу № 5/1999 от 10 августа 1999г.)**. Вывод о том, что конечной целью договора морской перевозки грузов по чартеру является достижение результата, можно сделать, исходя из сущности самой перевозки.

Анализируя вышеуказанные подходы к понятию фрахта, следует отметить следующее. Понятие фрахта как платы за вместимость судна, по нашему мнению, нельзя назвать удачным, поскольку чартер – разновидность договора перевозки, целью которой является, согласно ст. 785 ГК РФ, доставка груза в пункт назначения. Соответственно нельзя ставить размер фрахта в зависимость от количества перевозимого груза.

Зарубежное законодательство разносторонне смотрит на природу фрахта. Так, § 630 Германского торгового уложения (далее – ГТУ) говорит о том, что фрахтовщик имеет право на получение фрахта пропорционально пройденному пути при условии сохранения или спасения груза.

Английское законодательство также связывает размер фрахта с расстоянием. При этом уплата фрахта не зависит от того, был ли поврежден груз или нет.

Французский закон, напротив, при определении размера фрахта исходит из количества мест, зарезервированных под груз (ст. 8 Декрета «О Договорах фрахтования и морских перевозок» от 31 декабря 1966 г.). При этом, если фрахтователь не смог по каким-либо причинам предоставить к перевозке груз в

** «Из практики морской арбитражной комиссии при Торгово-промышленной палате Российской Федерации. 1987–2005 годы». – М.: Статут. 2009. – С. 179.

объеме, соответствующем количеству зарезервированных мест на судне, то он оплачивает «мертвый фрахт».

Существенными условиями, относящимися к погрузке груза и его транспортировке, являются условия о месте погрузки груза, наименование места назначения или направления судна. Закон не использует никаких уточнений в отношении места погрузки, поскольку зачастую невозможно определить такое место. Такая ситуация возникает прежде всего из-за того, что свобода выбора такого места отвечает интересам как фрахтователя, так и фрахтовщика. Стороны могут указать в чартере как один, так и несколько портов погрузки. В договоре может быть также указана область, в пределах которой фрахтователь волен выбрать один или несколько портов погрузки (географический опцион). Также при существовании нескольких портов погрузки по соглашению сторон может быть установлена прямая ротация (заход судна в ближайший порт), обратная ротация или же ломаная ротация (заход судна в порты без какой-либо очередности).

Возможность указания в договоре о чартере вместо конкретного порта места назначения или направления судна, т.е. возможность выбора, является удачным решением законодателя. Чаще всего порт назначения указывается в порту погрузки. Таким образом, фрахтователь не имеет права в последующем изменять своего решения относительно конечной точки плавания судна. На практике встречаются случаи, когда указывается место направления судна, а конкретный порт сообщается фрахтовщику посредством радиосвязи.

Рассмотрев существенные условия договора морской перевозки грузов по чартеру, установленные в ст. 120 КТМ РФ, можно отметить, что закон не учитывает всех особенностей таких условий и формулирует существенные условия так, что дальнейшее применение их на практике вызывает определенные трудности, придает некоторым существенным условиям такой смысл, который противоречит самой сущности чартера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иоффе О.С.* Избранные труды. С-Пб: Юридический центр Пресс. 2004. Т. III. Стр. 76-77.
2. «Из практики морской арбитражной комиссии при Торгово-промышленной палате Российской Федерации». Москва, Статут. 2009г. Стр. 108-109, 112.
3. Информационное письмо Президиума ВАС от 13.08.2004 №81 Обзор практики применения Арбитражными судами Кодекса Торгового Мореплавания Российской Федерации. Консультант плюс.
4. *Иванов Г.Г.* Комментарий к Кодексу торгового мореплавания Российской Федерации. «Спарк», 2005 г. ■

Стратегия лидерства продуктов направлена на получение развивающимися компаниями конкурентных преимуществ за счет улучшения характеристик продуктов и услуг, выходящих за рамки привычного и становящихся в высшей степени востребованными. Эта стратегия базируется на трех важнейших элементах ценности предложения клиентам, а именно на высоком качестве, первенстве на рынке и проникновении в новые сегменты рынка. Стратегия лидерства продуктов – основная для компаний, стремящихся достичь превосходства над конкурентами с помощью инноваций.

Инновации могут быть глобальными (уникальными на мировом уровне) и локальными, ограниченными рамками конкретного рынка либо предприятия. Кроме того, под инновациями понимают не только изобретение и внедрение абсолютно новых продуктов, технологий и бизнес-процессов, но и заимствование (адаптацию) уже существующих. В настоящее время существует определенная классификация инноваций, которая используется для целей статистического учета, оценки и определения критериев инновационного развития предприятия [1]. Данная классификация подразделяет инновации на продуктовые, процессные, маркетинговые и организационные.

При этом первые два типа инноваций можно объединить как технологические. Под *технологическими инновациями* подразумевается деятельность, связанная с разработкой и внедрением новых технологических продуктов и процессов, значительных технологических усовершенствований, а также технологически новых или значительно усовершенствованных услуг и способов производства (или передачи). Технологическими инновациями могут быть как те процессы, услуги и методы, которые организация разрабатывает впервые, так и те, которые перенимаются ею у других организаций. Они подразделяются на продуктовые и процессные, при этом их определение зависит от того, в какой сфере они используются: в промышленных производствах или в сфере услуг. Понятие маркетинговых и организационных инноваций были введены Руководством ОСЛО в 2005 г.

Под *маркетинговыми инновациями* подразумевается реализация новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, направленных на существенное изменение дизайна и упаковки продуктов, использование новых методов продаж и презентации продуктов (услуг), их продвижения на

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

К.Ю. Крючков, член совета директоров ГК «Содружество»,
контакт. тел. +7 911 9263636

рынке сбыта, формирование новых ценовых стратегий. Они направлены на более полное удовлетворение запросов потребителей продуктов, открытие новых рынков сбыта, расширение состава потребителей продуктов и услуг с целью повышения объемов продаж.

Под *организационными инновациями* понимают реализацию нового метода ведения бизнеса, организацию рабочих мест или внешних связей. Они направлены на повышение эффективности деятельности путем снижения административных и транзакционных издержек, повышения удовлетворенности работников организацией рабочих мест (рабочего времени), а значит, и повышение производительности труда путем получения доступа к отсутствующим на рынке активам или снижения стоимости поставок.

Инновации в ведении бизнеса означают реализацию новых организационных методов предпринимательской деятельности. Они включают, например, внедрение корпоративных систем управления знаниями, систем обучения, нацеленного на повышение уровня компетентности сотрудников и снижение текучести кадров, а также внедрение систем управления производством и поставками, в том числе систем управления цепочками поставок, рационализацией производства, а также систем управления качеством.

Инновации в организации рабочих мест означают реализацию новых методов распределения ответственности и полномочий сотрудников по выполнению работы в рамках отдельных видов деятельности организации и между этими видами (и структурными подразделениями), а также новых концепций структурирования деятельности, таких как интеграция различных ее направлений.

Новые методы организации внешних связей предприятий и фирм означают реализацию новых способов организации взаимоотношений с другими предприятиями и фирмами, таких как новые формы сотрудничества с заказчиками или научными организациями, новые методы интеграции с поставщиками, аутсорсинг или субконтрактные отношения в области производства, обеспечения, распределения, решения кадровых и вспомогательных вопросов.

В настоящее время организационные инновации стали именовать инновационными технологиями управления. В их основе лежит концепция инжиниринга и реинжиниринга бизнеса. Общее управление деловыми (бизнес) процессами называют инжинирингом бизнеса, ибо в его основе – непрерывное проектирование унифицированных процессов: их наименования, содержания, входа, выхода, обратных связей и т.д. Реинжиниринг – это перестройка (перепроектирование) бизнес-процессов с целью достижения качественного (скачкообразного) повышения эффективности деятельности фирмы. Цель реинжиниринга – гибкое и оперативное приспособление к ожидаемым сдвигам в запросах потребителей, соответствующее изменение стратегии, технологии, организации производства и управления на основе эффективной компьютеризации [2]. При этом достигается экономия на накладных расходах, сокращаются сроки исполнения заказов. По оценкам западных экономистов, в конце 90-х гг. реинжиниринг применяло более 2/3 компаний в развитых индустриальных странах.

Обобщение опыта зарубежных фирм позволяет выделить следующие основные направления реинжиниринга:

1. Переориентация фирмы с производственных на маркетинговые цели, что предполагает разработку стратегии на основе прогноза объема и структуры запросов платежеспособных клиентов, а не на базе анализа загрузки действующих производственных мощностей и возможностей привлечения новых инвестиций, как это практиковалось ранее (в России до сих пор).

2. Анализ бизнес-операций, необходимых для удовлетворения запросов клиентов и для обслуживания нужд самой организации (с позиций фирмы в целом, а не отдельных подразделений), оценка их необходимости (функционально-стоимостной анализ, или value engineering) и нормативное планирование издержек (target costing).

3. Применение совокупности бизнес-операций, необходимых для выпуска конечной продукции фирмы или полуфабрикатов и услуг для внутрифирменного потребления, объединение этих операций в бизнес-процессы, которые становятся основным объектом внутрифирменного управления и закрепляются за специальными бизнес-единицами, специализированными по продуктовому (предметно-замкнутому), а не технологическому признаку. Им передаются полномочия оперативного менеджмента и возлагается ответственность за своевременные (just-in-time) поставки продукции.

Бизнес-процессы определяют организационную структуру фирмы, ее комплексные автономные команды, что, в свою очередь, формирует систему управления, т.е. критерии оценки и способы стимулирования результатов работы. В результате появляется организационная культура, способствующая убеждению работников в сравнительной значимости различных ценностей в труде, прежде всего в важности строгого соблюдения технологических инструкций, достижения высокого качества работы, проявлении творческой инициативы и т.д.

4. Перестройка информационной системы фирмы на базе компьютеризации, причем речь идет не об ускорении расчетов по действующим технологиям, а о доступе к новым базам данных, развитии творческого мышления. Она позволяет избавиться от ограничений, налагаемых бумажным документооборотом, создать принципиально новые продукты, формирующие новые рынки.

При этом знания, навыки и поведение работников определяют конкурентоспособность фирмы, которая становится не только производственно-коммерческим, но и обучающим

комплексом. Возрастает роль менеджеров, владеющих знаниями и навыками стратегического управления.

5. Изменение финансовой структуры фирмы.

6. Возрастание роли хозяйственных ассоциаций, объединяющих (полностью или частично) капиталы фирм и выполняющих те функции управления, которые поддаются эффективной централизации.

Реинжиниринг предполагает сокращение цикла стратегического планирования (с 5–10 до 2 лет) и его ориентацию на быстрое обновление продукции. Прежние стратегии предполагали стабильные технологии и цены. Реинжиниринг ориентирован на реализацию принципов сквозного управления цепочками операций, выполняемых взаимодействующими подразделениями для наилучшего удовлетворения нужд потребителей. Принципы процессного управления распространяются и на межорганизационные взаимодействия, позволяя встраивать бизнес-процессы поставщиков товарной продукции и потребителей товаров (покупателей) в совместно управляемые цепочки поставок и продаж.

Основой принятия решения о проведении реинжиниринга бизнес-процессов является необходимость оптимизации состава и структуры бизнес-процессов организации для достижения поставленных целей реструктуризации. Это требует проведения детального анализа как уже существующих бизнес-процессов, так и перспективных с точки зрения обеспечения устойчивости занимаемых конкурентных позиций в стратегической перспективе.

Традиционно в реинжиниринге бизнес-процессов принято выделять три основных этапа: моделирование и анализ существующих бизнес-процессов; переосмысление и разработка принципиально новых; внедрение новых бизнес-процессов. В отличие от такого подхода мы предлагаем следующий вариант технологии реинжиниринга бизнес-процессов реструктурируемой организации с детализацией этапов этого процесса и учетом его взаимосвязей с другими направлениями бизнеса:

обоснование необходимости разработки технологии реинжиниринга бизнес-процессов реструктурируемой организации;

конкретизация объективных предпосылок и исходных условий проведения реинжиниринга;

формулировка задач реинжиниринга;

уточнение содержания бизнес-процесса организации и его критериальных характеристик;

разработка и обоснование принципов реинжиниринга бизнес-процессов реструктурируемой организации;

выбор и обоснование методологического подхода к проведению реинжиниринга;

выбор исходной модели для проектирования бизнес-процессов и технологий проведения реинжиниринга;

построение структурной схемы процесса;

определение возможных позитивных и негативных последствий проведения реинжиниринга.

Концепция реинжиниринга была использована при реорганизации и производственной структуры, технологических процессов ремонта и технического обслуживания тепловозного тяглового подвижного состава на базе подразделения Центральной дирекции по ремонту – филиала ОАО «РЖД».

В результате проведения ситуационного анализа обеспечения перевозочного процесса локомотивным комплексом Октябрьской железной дороги было выявлено, что количество неисправностей тепловозов после проведения деповского ремонта возросло с 27,3 % в 2007 г. до 30,3 % в 2010 г. (при действующей норме деповского процента неисправностей 15,93%). Основными причинами превышения норм простоя тепловозов в результате технического обслуживания и технического ремонта являются:

- нарушение цикличности капитальных ремонтов (16%);
- недостаток средств малой механизации (5%);
- несоответствие квалификации персонала целям и задачам проведения ремонтов (6%);
- неритмичность поставок запасных частей и механизмов (15%);
- неудовлетворительная организация деповского ремонта (10%);
- длительность простоев при ожидании ремонта (10%);
- нарушение технологии проведения ремонтов (8%);
- несоответствие лимита финансирования потребностям (26%);
- ожидание (4%).

По результатам проведения анализа были определены и разработаны мероприятия по повышению производительности и эффективности работы локомотивных ремонтных депо. Основными критериями повышения эффективности являлись снижение затрат, оптимизация и автоматизация технологических процессов, повышение производительности при проведении ремонта локомотивов и его качестве с целью роста эффективности производственных мощностей

на базе объединенного локомотивного ремонтного депо. Программа повышения производительности и эффективности деятельности включает в себя:

- новое строительство и реконструкцию действующих мощностей;
- внедрение новых технологий управления;

- изменение организационной структуры предприятия с введением системы производственных показателей и оптимизированной системы посменной работы;

- проведение модернизации теплового парка с целью увеличения межремонтного пробега.

При выборе основных мероприятий программы основное внимание уделялось совершенствованию не только организационных, но и технологических бизнес-процессов (табл. 1).

принципы производства и хозяйствования и высокие требования к точности и оперативности получения управленческой информации и гибкости производственных процессов.

По мнению Дж.П. Вумека, Д.Т. Джонса, основой «бережливого менеджмента» является борьба с потерями [3], т.е. исправление ошибок; ликвидация производства изделий, которые никому не нужны (в результате чего готовая продукция горами скапливается на складах); исключение действий, без которых вполне можно обойтись, перемещения людей и грузов из одного места в другое безо всякой цели; ликвидация задержек выполнения той или иной стадии процесса из-за того, что запаздывает реализация предыдущей стадии; отказ от товаров и услуг, которые не отвечают требованиям потребителя.

В период роста конкуренции на мировых рынках особенно важна себе-

или преждевременное ее изготовление до возникновения реального спроса;

- ожидание людей, документов, оборудования или информации всегда приводит к потерям. Ожидание означает работу вхолостую, остановку всего процесса. В ходе ожидания не создается добавленная ценность, а потребитель, естественно, не желает оплачивать простои;

- чрезмерная обработка, т.е. выполнение лишних операций, которые не придают нового качества продукту. Часто такими операциями оказываются, например, излишние взаимные проверки выполнения работы разными сотрудниками, получение избыточного количества подписей, многократные рассмотрения документов и результатов работ;

- избыточные запасы, имеющиеся на предприятии – это потери. Хранение таких запасов требует дополнительных площадей, они могут загромождать проходы и производственные площади, что отрицательно влияет на безопасность, могут вообще оказаться ненужными и устареть при изменении спроса на продукцию;

- лишние движения, не требующиеся для успешного выполнения рассматриваемой операции, являются потерями, так как они не увеличивают добавленную ценность изделию или услуге;
- дефекты, на ликвидацию которых приходится повторно выполнять уже сделанную работу, для чего требуются новые затраты, безусловно относятся к потерям предприятия;

- транспортировка продукта на расстоянии, большие, чем это необходимо, или создание временных мест его размещения, хранения и складирования, лишние перемещения с места на место материалов, людей, информации или документов – все это также ведет к потерям времени и энергии.

Применение концепции «бережливого менеджмента» позволит повысить эффективность работы организации, предприятия, фирмы (в нашем случае – Депо) за первый год на 11 %, за второй год на 9 %, за третий год на 7 %, за четвертый год на 5 %, за пятый год на 4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство ОСЛО: Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. – Изд. 3-е. – М., 2006.
2. *Такер Р.Б.* Инновации как формула успеха / Пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2006.
3. *Вумек Дж.П., Джонс Д.Т.* Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. – М.: Альпина Паблишер, 2011. ■

Основные «рычаги» повышения эффективности

Рычаг	Эффект
Комплексное внедрение потокового принципа ремонта локомотивов	Увеличение эффективности на 10 %
Автоматизированная система планирования и управления производством (СПУП)	
Введение единого процесса непрерывного совершенствования (ПНУ) работы локомотивных депо, методика 5S	Увеличение эффективности на 15%
Оптимизация технологических процессов / технологии	Минимум 7 596,8 тыс. руб. экономии в год
Внедрение автоматической системы организации и управления рабочим временем	Увеличение эффективности на 18%
Изменение организационной структуры	
Производственные показатели / набор ключевых показателей эффективности работы	
Посменная система работы	
Функционально-стоимостной анализ	Увеличение эффективности на 7%
Увеличение интервалов обслуживания деталей и узлов, не требующих трудоемкого обслуживания	
Бенчмаркинг (англ. Benchmarking) и использование передового опыта	
Централизация (внутренняя и внешняя по всем локомотивным депо)	
Годовое планирование производства и бюджетов, определение годовых целей / показателей	

Основой всех мероприятий программы является внедрение в реорганизованном депо системы «бережливого менеджмента». Ее концепция представляет собой синергию (совместное действие) принципиальных подходов, методов и рычагов для эффективного создания цепочек образования стоимости промышленной продукции. В основе этой концепции содержатся новые, отличные от традиционных, при-

стоимость производимой продукции/услуг, и высокий уровень издержек может оказать губительным для компании. Поэтому с целью исключения всех видов потерь для повышения выживаемости компаний и следует реорганизовывать производство.

Согласно этой концепции существуют семь видов потерь:

- перепроизводство, т.е. изготовление лишнего количества продукции

Специфическими особенностями строительства и развития морской техники являются чрезвычайная уникальность, сложность, масштабность и длительные сроки создания ряда образцов техники [1]. Сложность таких систем определяется характером и внутренней структурой целей, разнообразием решаемых задач и условиями функционирования. В этих условиях целевая программа может выступать основным инструментом планирования и управления развитием перспективной морской техники. Программно-целевое планирование в рамках комплексных целевых программ обеспечит сбалансированное развитие, освоение и развертывание перспективных образцов и систем морской техники [2].

К настоящему времени разработаны основные принципы программно-целевого подхода и накоплен опыт решения ряда важнейших задач. Однако имеется существенное отставание в создании и практическом внедрении рабочих процедур и механизмов при реализации конкретных целевых программ (ЦП).

В связи с этим крайне актуальной задачей является разработка конкретных рабочих методик, механизмов и процедур, реализующих принципы и преимущества программно-целевого подхода в условиях конкретных предприятий, интегрированных структур и отрасли в целом.

Процесс формирования целевой программы развития морской техники включает ряд задач принятия решений различной степени сложности [3], каждая из которых сводится к выбору одного либо подмножества из множества возможных действий системы, либо их последовательностей с учетом прогнозных и полученных в результате реализации целевых программ факторов.

Для выявления наиболее затратных по времени и трудоемкости задач планирования целевых программ создания морской техники и их последующей автоматизации необходимо выполнить анализ процесса целевого планирования.

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ

С использованием CASE средств методологии UML был моделирован процесс формирования целевых программ по описательной модели [4]. Диаграмма процесса схематично показана на рис. 1.

Анализ данной модели показал, что одним из наиболее критичных процессов, чрезвычайно сложных и занимающих много времени, является формирование календарного плана мероприятий целевой программы. Формирование это-

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ СОЗДАНИЯ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

П.К. Третьяков, научн. сотрудник, инженер,

*В.В. Ханьчев, канд. техн. наук, начальник отдела, ОАО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. (495) 365 1847*

го календарного плана подразумевает увязку всех программных мероприятий и определение очередности их проведения с проектируемыми объемами ресурсов [5]. В настоящий момент данный процесс, как правило, не автоматизирован, планирование проводится с использованием экспертных подходов, а в качестве инструментальных средств применяются обыкновенные офисные приложения. Данный подход имеет ряд недостатков:

- невозможность обработки человеком огромного массива входных данных;
- невозможность учета всех изменяющихся параметров;
- сложность рассмотрения большого количества вариантов календарного плана мероприятий целевой программы для выбора оптимального варианта;
- большие временные затраты на формирование вариантов календарного плана мероприятий целевой программы.

Для исследования возможных вариантов автоматизации процесса формирования календарного плана мероприятий выполним математическое описание данного процесса и проведем анализ возможных подходов.

Постановка задачи. Исходными данными для задачи формирования календарного плана мероприятий выполнения целевой программы создания и развития перспективной морской техники являются [3]: начальное состояние S_0 , целевое (желаемое) состояние S_n системы, характеризуемые значением целевой функции $F(I)$, множество мероприятий P , которые переводят объект управления из одного состояния в другое:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_i\} \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

а также множество связей V , связывающих мероприятия:

$$V = \{v_{ij}, v_{kl}, \dots, v_{gh}\}.$$

Существуют четыре основных типа связей [6], наиболее распространенная –

«окончание–начало», которая означает, что последующий проект не может начаться раньше окончания предыдущего:

$$t_{n2} \geq t_{o1},$$

где t_{n2} – время начала последующего мероприятия; t_{o1} – время окончания предыдущего мероприятия.

Связь типа «начало–начало» описывается зависимостью, при которой задача 2 не может начаться раньше начала задачи 1:

$$t_{n2} \geq t_{n1},$$

где t_{n1} – время начала мероприятия 1, t_{n2} – время начала мероприятия 2.

Следующий тип связей – это «окончание–окончание», описывается зависимостью, при которой мероприятие 2 не может закончиться до окончания мероприятия 1:

$$t_{o2} \leq t_{o1},$$

где t_{o1} – время окончания мероприятия 1; t_{o2} – время окончания мероприятия 2.

Тип связей «начало–окончание» обозначает зависимость, при которой мероприятие 1 не может закончиться до начала мероприятия 2:

$$t_{o1} \geq t_{n2},$$

где t_{o1} – время окончания мероприятия 1; t_{n2} – время начала мероприятия 2.

Каждое мероприятие p_i описывается ресурсами r_i , необходимыми для ее выполнения (человеческими, материальными и временными), и областью допустимых значений ресурсов O_{pi} .

Требуется разработать календарный план, состоящий из наиболее рациональной (по критерию «эффективность–стоимость») последовательности мероприятий (т.е. определить время начала и срок реализации каждого мероприятия), переводящей объект управления из начального состояния в целевое состояние при имеющихся ограничениях на используемые ресурсы $R_0(t)$:

$$\begin{cases} S_u(t) = \Pi[t, t_0, S_u(t_0), v]; \\ r_i \subset O_{p,0}. \end{cases} \quad (2)$$

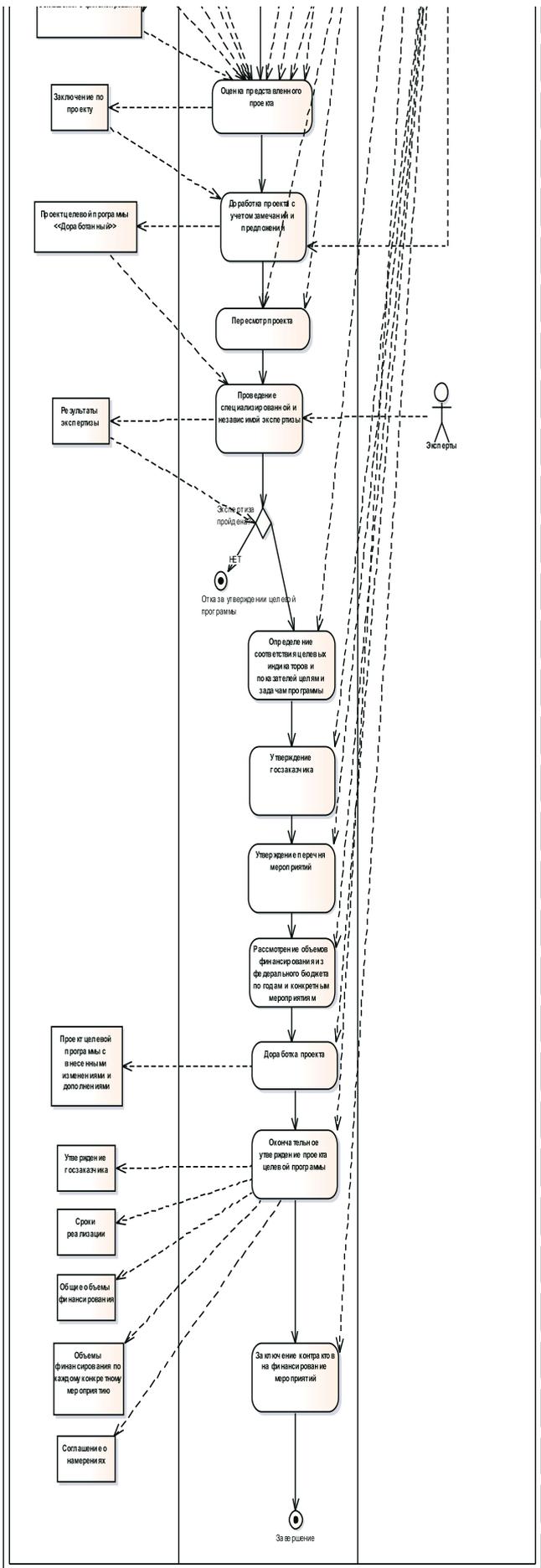
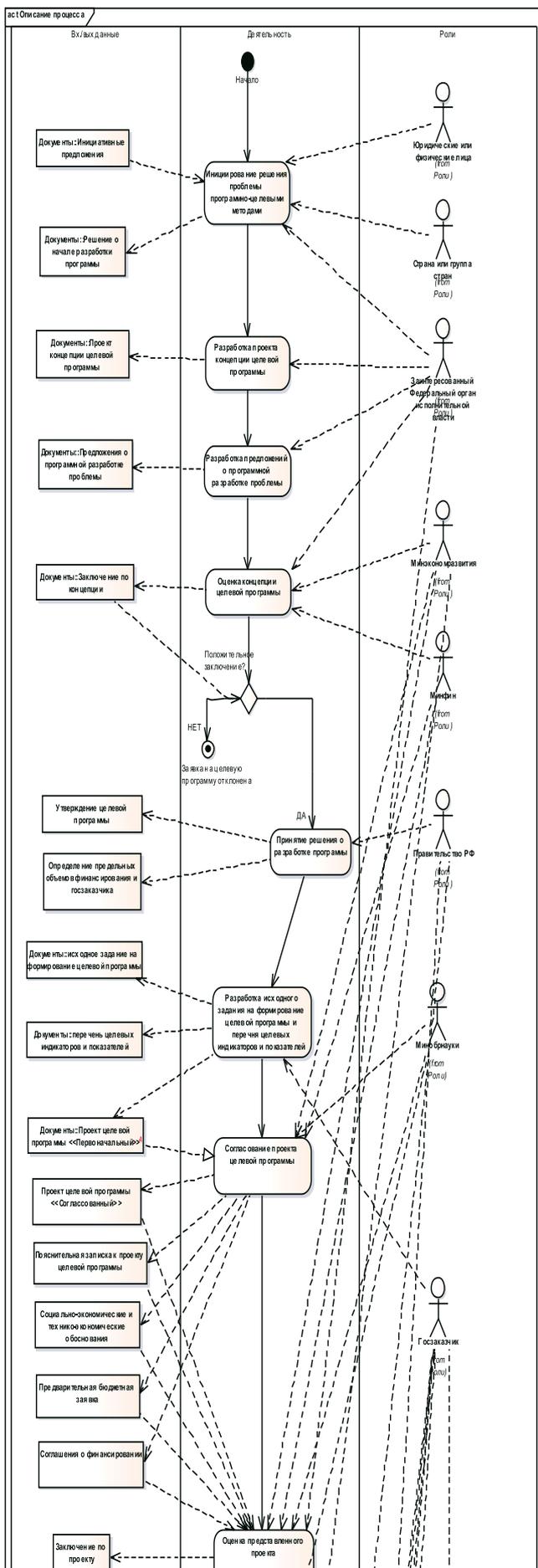


Рис. 1. Диаграмма процесса формирования целевых программ

Иными словами, необходимо определить последовательность обеспечивающую оптимум целевой функции (ЦП) F :

$$\begin{cases} F_{\text{ц}}(t) = \text{opt}(\Pi_i); \\ r_i \in O_{p,0}. \end{cases} \quad (3)$$

Для обоснования выбора наиболее оптимальной последовательности мероприятий целевой программы создания морской техники необходимо определить критерии оптимальности.

Выбор критериев и ограничений.

Критерии оптимальности – это признаки, условия, по которым выделяется эффективный, наиболее предпочтительный из различных вариантов способа достижения поставленной цели при сопоставлении рассматриваемых альтернатив [7]. Рассмотрим в качестве примера реализации общей постановки задачи оптимизации календарного плана мероприятий целевой программы ряд критериев и ограничений.

Критерий оптимальности финансирования представляет собой критерий близости функции финансирования к требуемому графику финансирования, который описывается следующим образом:

$$\begin{cases} |\text{Max}(Di)| \rightarrow \min; \\ |\text{Max}(SDi)| \rightarrow \min, \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{где } Di = |f_{\text{real}}(i) - f_{\text{ideal}}(i)|. \quad (5)$$

Di – значение максимального отклонения финансирования при данном варианте расположения мероприятий целевой программы; f_{ideal} – идеальная функция финансирования, обозначающая требуемую сумму финансирования по годам, под которую мы будем «подстраивать» расположение проектов (чтобы их функция финансирования f_{ideal} обозначающая фактическую сумму финансирования по годам, была максимально схожа с идеальной):

$$SDi = \sum Di, \quad (6)$$

где SDi – значение суммы максимальных отклонений финансирования при данном варианте расположения мероприятий целевой программы.

Ограничение на временные ресурсы состоит в том, что временные рамки всех мероприятий должны входить во временные рамки целевой программы.

Ограничение связности означает, что последующее из связанных мероприятий не может начаться до окончания предыдущего.

ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ СОЗДАНИЯ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Анализ литературы [8–10] показал, что для решения данной задачи могут быть использованы следующие классы алгоритмов:

- методы, основанные на прямом переборе;
- вероятностные алгоритмы;
- эвристические алгоритмы;
- комбинированные алгоритмы.

Данная задача относится к разряду недетерминированных, т.е. ее невозможно решить *методом прямого перебора*. При попытке решения таким методом количество вариантов растет с геометрической прогрессией с добавлением каждого нового мероприятия для планирования либо с увеличением временных рамок прогнозируемого периода на каждый год. Например, при рассмотрении 17 мероприятий и планировании на 11 лет в общем случае требуется рассмотреть около $34\,271\,896\,307\,633$ (17^{11}) вариантов. Если считать, что современный компьютер обрабатывает около 10000 вариантов в секунду, то для просмотра их всех потребуется около 108 лет. Следовательно, метод прямого перебора не подходит для решения данной задачи на персональном компьютере (необходимо использовать суперкомпьютерное моделирование).

Поэтому могут применяться разновидности вероятностных алгоритмов при генерации случайным образом входных параметров, формирований вариантов и выборе наилучшего в соответствии с критериями оптимизации до тех пор, пока не будет найдено решение с заданной оператором погрешностью либо до истечения отпущенного на работу алгоритма времени. Вероятностный алгоритм позволяет получить результат за приемлемое время, но, как правило, он будет хуже, чем при использовании других методов. Плюсами данного алгоритма являются его простота и легкость в представлении в виде программы.

Проведение экспериментов [11] показало, что для решения данной проблемы лучше всего подходят эвристические алгоритмы либо комбинация нескольких алгоритмов, включающая эвристический. Данные алгоритмы позволяют добиться хорошего качества найденного решения за приемлемое время. Наиболее эффективны для решения данной задачи следующие эвристические алгоритмы: эволюционные, генетические, агентное моделирование (алгоритм муравьиной колонии).

Данные алгоритмы показали свою эффективность, но имеют чрезвычайно сложность для их реализации. Для каждого такого алгоритма не разработана единая методика решения всех задач. Имеется описание концепции, но отсутствуют конкретные рекомендации для реализации решения многих задач (включая рассматриваемую). С целью использования данных алгоритмов необходимо сопоставить математическую модель процесса формирования календарного плана мероприятий целевых

программ создания морской техники и описательную модель алгоритма, а также подобрать опытным путем необходимые константы – настройки алгоритма.

ВЫВОДЫ

Процесс формирования целевой программы создания морской техники необычайно трудоемок, в данный момент не достаточно формализован и автоматизирован. Анализ показал, что наиболее критичным по времени и ресурсам этапом является формирование календарного плана мероприятий целевой программы. Автоматизация данного процесса сопряжена со множеством трудностей, связанных со спецификой решения задачи и недостаточной формализованностью модели. Одним из путей решения являются разработка формализованной модели процесса и реализация алгоритма на основе одной из описательных концепций эвристических алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко Л.М. Перспективы развития отечественного судостроения: проблемы и решения // Судостроение. – 2005. – №4. – С.70–74.
2. Ханьчев В.В. Формирование целевой программы создания перспективной судовой техники на основе сетевой модели // Международ. науч. конф. «Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании»: Тез. докл. – Екатеринбург, 2006. – С.27–31.
3. Онже. Формирование целевых программ развития судовой техники на основе динамичного экспертного оценивания. – Дис. канд. техн. наук / В.В.Ханьчев. – М., 2006, 119 с.
4. Кочкарков Р.А. Целевые программы: инструментальная поддержка. – М.: Экономика, 2007. – 223 с.
5. Постановление Правительства РФ от 26 июня 1995 г. №594 «Порядок разработки и реализации федеральных целевых программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация».
6. Боданов В. В. Управление проектами в Microsoft Project 2002: Учеб. курс. – СПб.: Питер, 2003. – 640 с.
7. Райзберг Б.А., Лобко А.Г. Программно-целевое планирование и управление. – М.:ИНФРА-М, 2002. – 428 с.
8. Макконел Дж. Основы современных алгоритмов, М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
9. Кармен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: Вильямс, 2011. – 1296 с.
10. Кнут Д. Искусство программирования. – Т. 4. – Вып. 3: Генерация всех сочетаний и разбиений. – М.: Вильямс, 2007. – 203 с.
11. Третьяков П.К. Применение эвристических алгоритмов для оптимизации финансирования целевых программ создания морской техники: Состояние, проблемы и перспективы разработки корабельных информационно-управляющих комплексов. – Сб. докл. науч.-техн. конфер. – М., Концерн «Моринформсистема-Агат», 2010.
12. Жуковский А.И., Васильев С.В., Штрейб Д.С. / Под общей ред. С.Ю. Фабричного. Разработка, реализация и оценка региональных целевых программ (на основе Канадского опыта). – М.: Вильямс, 2006, 175 с. ■

В условиях рыночной экономики цена судна определяется, с одной стороны, затратами судостроителя на его постройку, а с другой – конъюнктурой, складывающейся на рынке судостроительной продукции.

На уровень рыночных цен на суда влияет соотношение между спросом на них и производственными возможностями верфей, которое, в свою очередь, зависит от процессов, происходящих в мировой экономике в целом и в ее энергетическом секторе; перемен в мировом секторе перевозок, а также от списания старых судов, уровня фрахтовых ставок и пр.

Исходя из сегодняшних реалий, можно утверждать, что действовавшие в плановой экономике методические подходы определения цены нового судна не отражают особенностей работы предприятий в новых условиях. Здесь необходим маркетинговый подход, позволяющий учитывать ценообразующие факторы на мировом рынке судостроения.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕНЫ СУДНА И ЦЕНЫ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРАКТА

Цены на новые судостроительные контракты играют важную роль в принятии коммерческих решений судовладельцев, так как вовлечены очень большие финансовые ресурсы. Что определяет стоимость судна в определенный момент времени и как игроки рынка принимают решения? Помимо себестоимости постройки существенное влияние на рыночную цену судна или цену судостроительного контракта оказывают следующие факторы:

- 1) уровень фрахтовых ставок;
- 2) возраст судна для судов вторичного рынка;
- 3) уровень инфляции;
- 4) ожидание судовладельцем наиболее выгодного момента для приобретения судна;
- 5) сроки поставки судна;
- 6) цена нефти (если речь идет о танкерах).

1. Фрахтовые ставки являются основным фактором, влияющим на цену судна. Пики и падения на фрахтовом рынке передаются на рынок купли-продажи. Эта взаимосвязь очень сильна, особенно когда рынок движется от стадии провала к своему пику. По данным Martin Stopford [6], когда в 1981 г. фрахтовая ставка упала с отметки 8500 долл. США в день до 3600 долл. в день, цена судна снизилась с 12 млн. до 3 млн. долл. Наоборот, когда фрахтовая ставка вернулась к отметке 8500 долл., цена судна поднялась до 15 млн. долл. Анализ отношений между ценой судна и фрахтовыми ставками в прошлом предполага-

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНЫ ТАНКЕРА С УЧЕТОМ МАРКЕТИНГОВЫХ ФАКТОРОВ

*С.В. Белозёров, менеджер ЗАО «Трафо»,
контакт. тел. (812) 912 5303*

ет, что, когда фрахтовые ставки высоки, стоимость пятилетнего судна на рынке оценивается в шесть раз дороже, чем его текущий годовой доход, основанный на годовом чартере. К примеру, если годовой доход – 4 млн. долл., то стоимость судна составит 24 млн. долл. Когда рынок падает, падают и доходы. Во время спада стоимость может упасть до трех текущих годовых доходов судна.

2. Возраст – второй фактор, влияющий на стоимость судна. Десятилетнее судно стоит меньше, чем пятилетнее. Нормальная бухгалтерская практика предполагает обесценивание торгового судна до стоимости металлолома за 15 или 20 лет. Брокеры, которые оценивают суда, придерживаются того же мнения, обычно используя «правило большого пальца», согласно которому судно теряет 5 или 6% своей стоимости каждый год. Для определенного судна экономическая жизнь может быть снижена из-за перевозки высоко коррозионных грузов, плохого проекта судна или неправильного ремонта. Когда рыночная стоимость судна, в конечном счете, падает ниже стоимости металлического лома, судно обычно продают на металл для утилизации. Средний возраст танкеров и балкеров, утилизированных в 1995 г., составил 23–25 лет [6].

3. Инфляция в долгосрочном периоде влияет на цену судна. Инфляция стоимости активов составляла около половины выручки при перевозке в 70-х и 80-х гг. [6].

4. Ожидание судовладельцем наиболее выгодного момента для приобретения судна – это четвертый, и в некоторых случаях самый важный фактор, влияющий на цены. Они ускоряют темп изменения в поворотных точках рынка. К примеру, покупатели или продавцы могут сначала оттягивать момент приобретения судна, чтобы посмотреть, что будет происходить, затем неожиданно поспешить покупать судно, поскольку решают, что рынок «на ходу». Рынок может колебаться от состояния глубокой депрессии до состояния интенсивной деятельности в периоде всего в несколько недель.

5. Сроки поставки судна. Обычно срок поставки нового судна с момента

заключения судостроительного контракта до фактической его передачи составляет от одного до двух лет в зависимости от размера, технической оснащенности и сложности судна. Чем раньше судно будет поставлено, тем выше его цена в сравнении с более поздней поставкой.

6. Цена нефти. Со времен общепризнанной первой в мировой истории перевозки нефти с помощью танкера, которая была в 1878 г. на Каспийском море*, тоннаж мирового танкерного флота вырос многократно. Так, в 2005 г. морским транспортом было перевезено 2,4 млрд. т нефтепродуктов, что составляет 62% от всего производства. Оставшиеся 38% приходится в большей части на трубопроводы, железнодорожный и автомобильный транспорт.

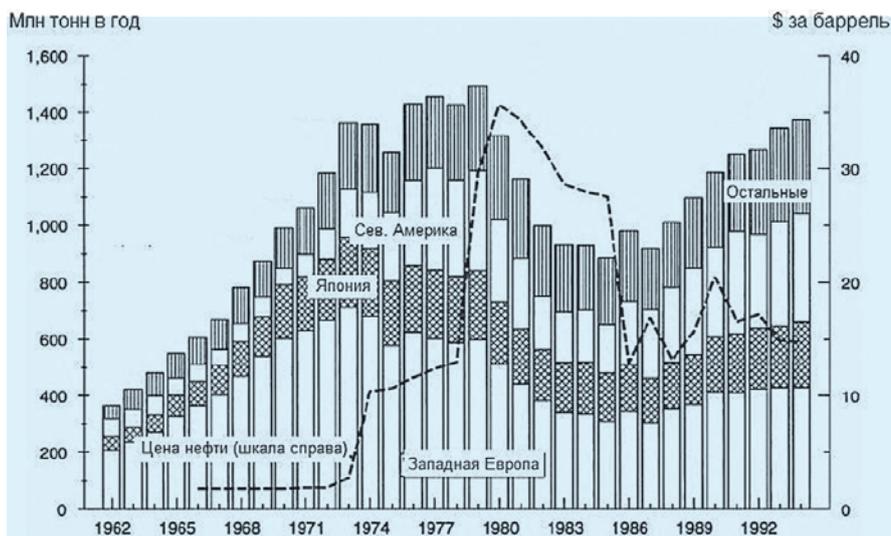
Рассматривая одновременно графики, изображающие изменение цены нефти и объемы ее импорта (рис. 1), нельзя не отметить очевидной связи между этими величинами. А поскольку, как показано выше, основным способом транспортировки является морской транспорт, несомненно связь цены нефти с ценой танкера.

Основными индикаторами мирового рынка нефти являются цена «корзины» ОПЕК, а также цены на нефть марки Brent (Лондонская международная нефтяная биржа) и WTI (Нью-Йоркская товарная биржа).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАХТОВЫХ СТАВОК И ЦЕН НЕФТИ НА ЦЕНУ НОВОГО СУДНА

В данной работе рассмотрим эту проблему на примере танкерных судов. Из обозначенных шести факторов в статистическую модель цены судна целесообразно включить фрахтовые ставки и цену нефти. Возраст судна оказывает влияние на цену только на вторичном рынке, а предлагаемая модель предназначена для моделирования цены нового судна.

* Первый в мире танкер «Зороастр», был построен в 1877 г. по заказу «Товарищества братьев Нобель» на верфях шведского города Мотала. Пароход грузоподъемностью около 250 т использовался для доставки керосина наливом из Баку в Царицын (ныне Волгоград) и Астрахань.



Источники: Fearnleys World Bulk Trades, 1963–1997
 Рис. 1. Импорт сырой нефти по регионам, 1962–1996 гг.

Фактор инфляции оказывает функциональное, а не статистическое влияние на цену судна и поэтому не включается в вероятностную модель.

Факторы ожидания судовладельцев и сроки поставки судна не поддаются сколько-нибудь обоснованному численному выражению для включения их в предлагаемую модель.

Для проведения анализа собраны данные о средних ценах нефти на мировом рынке, фрахтовые ставки при тайм-чартере на один и три года на суда для перевозки нефти и нефтепродуктов дедевейтом 47000 т, средние мировые цены на строительство новых судов аналогичного класса.

Использованы данные «Lloyd's Shipping Economist» [3] – ведущего международного морского судоходного экономического журнала, а также данные ежегодных отчетов ОПЕК [4] о стоимости нефти. Компания «Lloyd's» является старейшим и одним из признанных лидеров в предоставлении статистической информации о состоянии и тенденциях мирового рынка морских грузоперевозок и мирового морского флота. Данные собраны за 50 месяцев (апрель 2003 – сентябрь 2009) и показывают один из наиболее интересных моментов развития танкерного флота и нефтедобычи в мировой истории.

Постановка задачи:

Проведение анализа влияния изменения фрахтовых ставок и средних цен нефти на цену нового судна для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов грузоместимостью около 47 000 т.

Построение прогнозной модели изменения цены строительства нового судна на определенный период при различных сценариях развития динамики средних цен нефти и фрахта.

Решение поставленной задачи:

Анализ влияния изменения фрахтовых ставок и средних цен нефти на цену нового судна.

Описание взаимосвязи между ценой нового судна с одной стороны и ценой нефти и фрахтовых ставок на 1 и 3 года проводится с помощью корреляционного анализа.

Этапы расчета:

1. На основании исходных данных строим поля корреляций функций $y=f(x_1)$; $y=f(x_2)$ и $y=f(x_3)$. При этом за y принимаем значение цены судна; x_1 – фрахтовая ставка при тайм-чартере сроком один год, x_2 – фрахтовая ставка при тайм чартере сроком три года, x_3 – цена нефти (рис. 2–4).

2. Для каждой пары признаков рассмотрим четыре вида зависимостей, из которых выберем одну, наиболее точно описывающую исследуемую зависимость. Наиболее часто для характеристики связей экономических показателей используют следующие типы функций [6]:

- линейную $y = a + bx$;
- логарифмическую $y = a + b \cdot \ln x$;
- степенную $y = ax^b$;
- экспоненциальную $y = a \cdot e^{bx}$.

В качестве критерия для обоснования формы связи признаков воспользуемся общепринятой величиной – остаточной дисперсией $S_{ост}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 2}$. Минимальное значение $S_{ост}^2$ – это показатель формы связи признаков, наиболее точно описывающей исследуемую зависимость.

3. Выбираем два фактора из трех, при которых связь теснее, т.е. у которого значение остаточной дисперсии S^2 меньше (тайм-чартер – один или три года, цена нефти). Выбранные факторы включаем в многофакторную зависимость.

4. Для многофакторной зависимости (например, y от x_2 и x_3) рассмотрим два вида зависимостей (линейную и нелинейную), из которых выберем одну, наиболее точно описывающую исследуемую зависимость. В качестве критерия

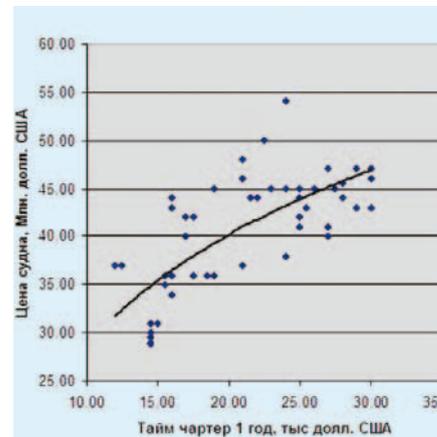


Рис. 2. Поле корреляции цены судна y и фрахтовой ставки в один год x_1 и теоретическая линия регрессии ($y = 16,522 \ln(x) - 9,3029$)

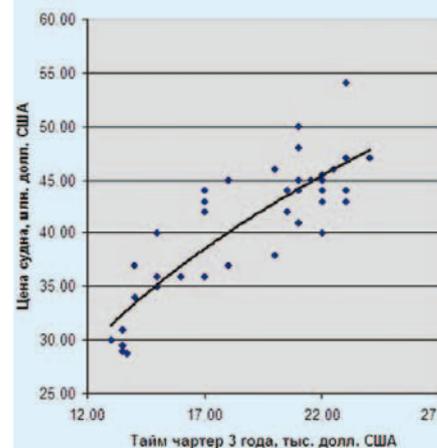


Рис. 3. Поле корреляции цены судна y и фрахтовой ставки в три года x_2 и теоретическая линия регрессии ($y = 26,62 \ln(x) - 36,858$)

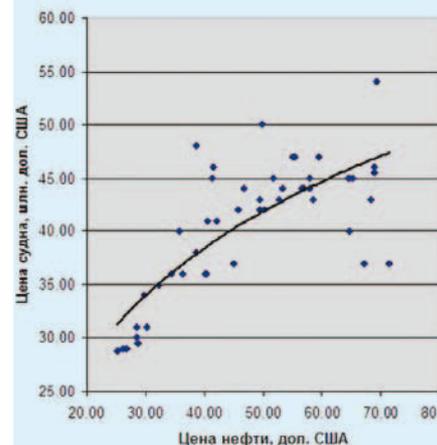


Рис. 4. Поле корреляции цены судна y и цены нефти x_3 и теоретическая линия регрессии ($y = 15,474 \ln(x) - 18,646$)

для обоснования формы связи признаков при многофакторном корреляционном моделировании воспользуемся общепринятой величиной – средней ошибкой аппроксимации

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum \frac{|y - \hat{y}|}{y} \cdot 100\%.$$

Качество построенной модели оценивается как хорошее, если средняя ошибка аппроксимации не превышает 8–10% [6]. Минимальное значение $\bar{\varepsilon}$ –

это показатель формы связи признаков, наиболее точно описывающей исследуемому зависимость.

5. Для получения графического отображения зависимости y от x_2 и x_3 строим график, включающий как фактические, так и теоретические значения y за n наблюдений.

Расчет по описанным этапам:

Исходные данные приведены в таблице.

По данным таблицы были рассчитаны зависимости стоимости судна y от фрахтовой ставки чартер в один год x_1 , фрахтовой ставки в три года x_2 и стоимости нефти x_3 .

Рассчитаем прогнозную цену танкера \hat{y} в зависимости от фрахтовой ставки чартера один год x_1 . Минимальное значение остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}} = 17,84$ получено при логарифмической зависимости, следовательно, принимаем ее как наиболее точно описывающую исследуемую зависимость:

$$\hat{y} = -9,3029 + 16,522 \cdot \ln x_1.$$

На рис. 2–4 показаны поля корреляции и теоретические линии регрессии.

Рассчитаем прогнозную цену танкера \hat{y} в зависимости от фрахтовой ставки чартера три года x_2 . Минимальное значение остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}} = 9,39$ получено при логарифмической зависимости, следовательно, принимаем ее, как наиболее точно описывающую исследуемую зависимость:

$$\hat{y} = -36,858 + 26,82 \cdot \ln x_2.$$

Тесноту связи признаков стоимости танкера и стоимости тайм-чартера в три года можно оценить как значительно более высокую, чем для тайм-чартера в один год, и стоимости судна. Поэтому фактор тайм-чартер три года может быть использован для расчета.

Рассчитаем прогнозную цену танкера \hat{y} в зависимости от цены нефти x_3 . Минимальное значение остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}} = 15,00$ получено при логарифмической зависимости, следовательно, принимаем ее как наиболее точно описывающую исследуемую зависимость:

$$\hat{y} = -18,646 + 15,474 \cdot \ln x_3.$$

Исходя из приведенных расчетов, можно сделать вывод о том, что на цену судна наибольшее влияние оказывают два фактора: цена нефти и фрахтовая ставка при тайм-чартере три года, поэтому фрахтовая ставка при тайм-чартере один год в модель не включается.

РАСЧЕТ ДВУХФАКТОРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЦЕНЫ ТАНКЕРА

По формуле линейной зависимости находим

$$\hat{y} = 11,8602 + 1,1309 \cdot x_2 + 0,1589 \cdot x_3.$$

При этом значение остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}} = 6,7$ и средняя ошибка аппроксимации $\bar{\epsilon} = 4,88\%$.

Таблица

Исходные данные

№	Период	Цена нового судна y , долл.	Фрахтовые ставки, долл. в сут		Цена барреля нефти x_3 , долл. (корзина ОПЕК – The new OPEC Reference Basket (ORB))
			на 1 год x_1	на 3 года x_2	
1	апрель 03	28 800 000	14 500	13 700	25,24
2	июнь 03	29 000 000	14 500	13 500	26,73
3	август 03	29 500 000	14 500	13 500	28,71
4	сентябрь 03	29 000 000	14 500	13 500	26,15
5	октябрь 03	30 000 000	14 500	13 000	28,45
6	ноябрь 03	31 000 000	14 500	13 500	28,48
7	январь 04	31 000 000	15 000	13 500	30,18
8	февраль 04	34 000 000	16 000	14 000	29,73
9	март 04	35 000 000	15 500	15 000	32,23
10	апрель 04	35 000 000	15 500	15 000	32,26
11	май 04	36 000 000	15 500	15 000	36,37
12	июнь 04	36 000 000	16 000	15 000	34,49
13	июль 04	36 000 000	17 500	17 000	36,31
14	август 04	36 000 000	18 500	17 000	40,42
15	сентябрь 04	36 000 000	19 000	16 000	40,21
16	октябрь 04	37 000 000	21 000	18 000	45,08
17	ноябрь 04	38 000 000	24 000	20 000	38,59
18	декабрь 04	40 000 000	27 000	22 000	35,85
19	январь 05	41 000 000	27 000	21 000	40,52
20	февраль 05	41 000 000	25 000	21 000	42,2
21	март 05	42 000 000	25 000	20 500	49,49
22	апрель 05	43 000 000	25 500	22 000	49,51
23	май 05	44 000 000	25 000	22 000	46,65
24	июнь 05	45 000 000	23 000	21 000	51,69
25	июль 05	44 000 000	22 000	21 000	53,18
26	август 05	44 000 000	21 500	20 500	57,82
27	декабрь 05	43 000 000	30 000	23 000	52,64
28	январь 06	43 000 000	29 000	22 000	58,48
29	февраль 06	44 000 000	28 000	23 000	56,62
30	март 06	45 000 000	27 500	22 000	57,87
31	апрель 06	45 000 000	24 000	21 000	64,44
32	май 06	45 000 000	26 000	21 500	65,11
33	июнь 06	45 000 000	25 000	21 000	64,6
34	июль 06	45 500 000	28 000	22 000	68,89
35	август 06	46 000 000	30 000	22 500	68,81
36	сентябрь 06	47 000 000	30 000	23 000	59,34
37	октябрь 06	47 000 000	29 000	24 000	54,97
38	ноябрь 06	47 000 000	27 000	23 000	55,42
39	октябрь 08	54 000 000	24 000	23 000	69,16
40	ноябрь 08	50 000 000	22 500	21 000	49,76
41	декабрь 08	48 000 000	21 000	21 000	38,6
42	январь 09	46 000 000	21 000	20 000	41,54
43	февраль 09	45 000 000	19 000	18 000	41,41
44	март 09	42 000 000	17 500	17 000	45,78
45	апрель 09	42 000 000	17 000	17 000	50,2
46	май 09	44 000 000	16 000	17 000	56,98
47	июнь 09	43 000 000	16 000	17 000	68,36
48	июль 09	4 000 0000	17 000	15 000	64,59
49	август 09	37 000 000	12 000	14 000	71,35
50	сентябрь 09	37 000 000	12 500	14 000	67,17

Источник: «Lloyd's Shipping Economist»

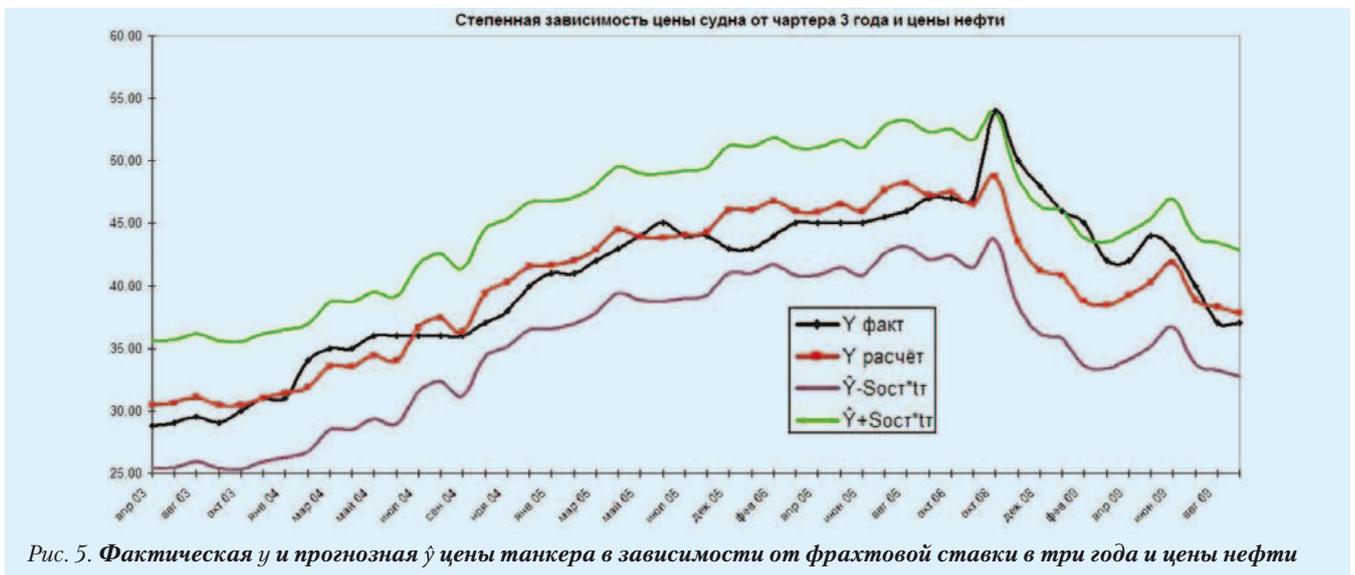


Рис. 5. Фактическая y и прогнозная \hat{y} цены танкера в зависимости от фрахтовой ставки в три года и цены нефти

По формуле степенной зависимости, имеющий вид

$$y = a_0 x_2^{a_1} x_3^{a_2} = 4,179 x_2^{0,5} x_3^{0,21}.$$

При этом значение остаточной дисперсии $S_{\text{ост}}^2 = 6,43$ и средняя ошибка аппроксимации $\bar{\varepsilon} = 4,49\%$. Следовательно, нелинейная (степенная) зависимость наиболее точно описывает исследуемую зависимость.

Значение множественного корреляционного отношения

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum(\bar{y} - y)^2}{\sum(y - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{1602,585}{1816,436}} = 0,939;$$

$$\eta^2 = 0,88,$$

т.е. в нашем уравнении учтены 88% из всех возможных факторов, влияющих на результирующий признак.

Для степенной зависимости существует коэффициент относительной эластичности – показатель степени при соответствующем факторе. Он говорит о том, на сколько процентов изменится цена танкера при изменении стоимости нефти и тайм-чартера в три года на 1%. Изменение цены тайм-чартера на этот срок приводит к изменению цены танкера на 0,5%, а изменение стоимости нефти на 1% – к изменению цены танкера на 0,21%.

Рассчитаем коэффициент корреляции между фрахтовой ставкой три года и ценой нефти:

$$r = \frac{\sum x_3 x_2 - \frac{\sum x_3 \sum x_2}{n}}{\sqrt{(\sum x_3^2 - \frac{(\sum x_3)^2}{n})(\sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n})}} =$$

$$= \frac{45527,9 - \frac{2378,63 \cdot 929,2}{50}}{\sqrt{(122490,11 - \frac{(2378,63)^2}{50})(17880,94 - \frac{(929,2)^2}{50})}} =$$

$$= \frac{1323,44}{2391} = 0,55.$$

Полученное значение показателя тесноты связи между факторами – стои-

мостью нефти и фрахтовой ставкой три года – относительно невелико и существенно ниже, чем теснота связи этих факторов со стоимостью судна, что исключает наличие значительной мультиколлинеарности названных факторов. Последнее подтверждает и экономически непротиворечивое положительное значение параметров во множественном уравнении регрессии.

Построим доверительный интервал для расчетных значений результирующего признака как при наличии фактических данных, так и при прогнозировании цены судна.

Доверительный интервал $\hat{y} - S_{\text{ост}} \cdot t_T \leq Y \leq \hat{y} + S_{\text{ост}} \cdot t_T$, где Y – оценочное значение границы интервала; \hat{y} – расчетное значение результирующего признака; $S_{\text{ост}}$ – среднеквадратичное остаточное отклонение; t_T – табличное значение коэффициента (интеграл вероятности).

Определим

$$S_{\text{ост}} = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{y})^2}{n - 2}},$$

где n – число данных, используемых в расчете; $t_T = 2,009$ по распределению Стьюдента при вероятности 0,95 (плотность распределения).

Таким образом,

$$S_{\text{ост}} = \sqrt{\frac{308,878}{48}} = 2,54.$$

Как видно из рис. 5, значение расчетной цены судна очень близко к фактическому во внекризисные периоды. Наличие существенного расхождения в 2008 г. объясняется форс-мажорными обстоятельствами в виде экзогенных воздействий экономического кризиса.

Следовательно, полученное уравнение нелинейной (степенной) зависимости, описывающие зависимость стоимости судна от влияющих на нее параметров $y = 4,179 x_2^{0,5} x_3^{0,21}$, может быть использовано для целей прогнозирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная методика нахождения рыночной стоимости ни в коей степени не отменяет для завода-изготовителя калькуляции затрат на его постройку.

Службы маркетинга судостроительных предприятий должны прогнозировать развитие ситуации на рынке строительства новых судов, с этой целью им можно предложить следующее:

1. Осуществлять сбор и хранение получаемой статистической информации о состоянии рынка морских грузоперевозок и состоянии мирового морского флота в виде номенклатуры выпускаемой предприятием продукции.
2. Анализировать влияние собранной информации (факторов) на основную переменную (цена строительства нового судна).
3. После отбора факторов, существенных для модели, прогнозировать развитие рыночной ситуации.
4. Сверять прогнозные значения с фактическими для выявления неучтенных факторов, оказывающих влияние на развитие рыночной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судостроительное предприятие в условиях рынка: Проблемы адаптации и развития / В.Л. Александров, А. В. Перельгин, В.Ф. Соколов. Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В.Л. Александрова. – СПб.: Судостроение, 2003. – 423.
2. Гинзбург А.И. Экономический анализ. Учебн. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Питер, 2008. – 527 с.
3. Грицан А.Б. Методы инженерно-экономического анализа в ценообразовании на суда и плавсредства. – СПб.: Бостон-спектр, 2004. – 492 с.
4. Lloyd's Shipping Economist, 2003–2009. – Informa publications, England.
5. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) // Annual Report, 2003 – 2009, Austria.
6. Stopford M. Maritime Economics. – London: Routledge, 1997. ■

В целях обеспечения государственной аттестации научных и научно-педагогических работников в Российской Федерации функционирует Высшая аттестационная комиссия при Министерстве образования и науки (ВАК). Основными принципами деятельности ВАК являются компетентность, независимость, объективность, открытость и соблюдение норм профессиональной этики.

Для оперативного решения текущих вопросов государственной аттестации научных и научно-педагогических работников, возникающих в период между заседаниями Комиссии, из числа ее членов формируется президиум ВАК. Состав президиума утверждается Правительством РФ.

Для осуществления экспертизы соответствия диссертаций на соискание ученой степени доктора наук критериям, установленным Правительством РФ, а также аттестационных дел требованиям, установленным Министерством образования и науки, им по предложению ВАК с учетом рекомендаций государственных академий наук, ведущих высших учебных заведений, научных и иных организаций сформированы Экспертные советы ВАК при Министерстве образования и науки.

Существуют Экспертные советы по следующим направлениям:

1. История.
2. Педагогика и психология (секция по психологии).
3. Политология.
4. Право.
5. Философия, социология и культурология.
6. Филология и искусствоведение.
7. Экономика.
8. Управлению, вычислительная техника и информатика.
9. Физика.
10. Химия:
 - секция по неорганической химии;
 - секция по органической химии;
 - секция по химической технологии.
11. Науки о Земле:
 - секция наук о Земле;
 - секция по проблемам нефти и газа;
 - секция по проблемам разработки месторождений твердых полезных ископаемых.
12. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь.
13. Энергетика, электрификация и энергетическое машиностроение.
14. Машиностроение.
15. Металлургия и металловедение.
16. Строительство и архитектура.
17. Транспорт.
18. Медицина:
 - секция по хирургическим специальностям;

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АТТЕСТАЦИИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В.Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, зам. председателя Экспертного совета ВАК Минобрнауки, контакт. тел. (812) 727 9590

- секция по медико-гигиеническим специальностям;
- секция по медико-биологическим и фармацевтическим специальностям;
- секция по терапевтическим специальностям.

19. Биологические науки.

20. Сельскохозяйственные науки:

- секция по агрономии, лесному хозяйству;
- секция по зоотехническим и ветеринарным специальностям;
- секция по инженерным агропромышленным специальностям.

21. Авиационная и ракетно-космическая техника.

22. Проблемы флота и кораблестроение.

В РФ утвержден и действует перечень научных специальностей (табл. 1).

Определяющим экспертным советом ВАК Минобрнауки РФ применительно к судостроительной отрасли и военно-морскому флоту является Экспертный совет по проблемам флота и кораблестроению.

Перечень научных специальностей и областей наук, курируемых данным Экспертным советом, представлен в табл. 2.

Таблица 1
Разделы перечня научных специальностей

Код	Направление
01.00.00	Физико-математические науки
02.00.00	Химические науки
03.00.00	Биологические науки
04.00.00	Геолого-минералогические науки
05.00.00	Технические науки
06.00.00	Сельскохозяйственные науки
07.00.00	Исторические науки
08.00.00	Экономические науки
09.00.00	Философские науки
10.00.00	Филологические науки
11.00.00	Географические науки
12.00.00	Юридические науки
13.00.00	Педагогические науки
14.00.00	Медицинские науки
15.00.00	Фармацевтические науки
16.00.00	Ветеринарные науки
17.00.00	Искусствоведение
18.00.00	Архитектура
19.00.00	Психологические науки
22.00.00	Социологические науки
23.00.00	Политические науки
24.00.00	Культурология
25.00.00	Науки о Земле

Таблица 2

Код	Наименование	Отрасли наук
05.02.04	Трение и износ в машинах	Технические
05.02.08	Технология машиностроения	»
05.02.22	Организация производства (по отраслям)	Технические экономические
05.03.00	Обработка конструкционных материалов в машиностроении	
05.03.06	Технологии и машины сварочного производства	Технические
05.04.00	Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение	
05.04.02	Тепловые двигатели	Технические
05.04.11	Атомное реакторостроение, машины, агрегаты и технология материалов атомной промышленности	»
05.04.12	Турбомашины и комбинированные турбоустановки	»

Таблица 2 (продолжение)

Код	Наименование	Отрасли наук
05.08.00	Кораблестроение	
05.08.01	Теория корабля и строительная механика	Технические
05.08.03	Проектирование и конструкция судов	»
05.08.04	Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства	»
05.08.05	Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)	»
05.08.06	Физические поля корабля, океана, атмосферы и их взаимодействие	Технические Физико-математические
05.09.03	Электрические комплексы и системы	Технические
05.11.06	Акустические приборы и системы	»
05.11.16	Информационно-измерительные и управляющие системы	Технические Физико-математические
05.12.00	Радиотехника и связь	
05.12.14	Радиолокация и радионавигация	Технические Физико-математические
05.13.00	Информатика, вычислительная техника и управление	Технические Физико-математические
05.13.01	Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)	Технические Физико-математические Биологические Медицинские
05.13.15	Вычислительные машины и системы	Технические Физико-математические
05.14.00	Энергетика	
05.14.03	Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации	Технические
05.22.17	Водные пути, сообщения и гидрография	»
05.22.19	Эксплуатация водного транспорта, судовождение	»
05.26.02	Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям науки)	

На 30 ноября 2011 г. в РФ действовал только 3301 открытый диссертационный совет, из них 3223 советам предоставлено право рассматривать докторские диссертации. Такое количество диссертационных советов является чрезмерным, требуется их принципиальное сокращение. Исключение составляет сеть диссертационных советов судостроительной отрасли (табл. 3).

Учитывая особую значимость для отечественного судостроения проблемы подготовки и аттестации научных и научно-педагогических кадров, остановимся на ее отдельных вопросах.

Отмечая в целом положительные результаты государственной аттестации научных и научно-педагогических работников отрасли, обратим особое внимание на недостатки. К сожалению, за последние 20 лет наметилась и практически сохраняется негативная тенденция уменьшения числа представленных диссертаций по проблемам флота и кораблестроению. Особенно остро стоит вопрос с докторскими диссертациями. В период 1990–2011 гг. число ежегодно утвержденных докторских диссертаций не превышало четырех–восьми. Для сравнения до 1990 г. Экспертный совет по проблемам флота и кораблестроению ежегодно рассматривал не менее

15–17 докторских диссертаций. Число защищенных кандидатских диссертаций также сократилось примерно в два раза. Такое положение кроме нашей отрасли характерно и для физико-математических наук.

Основная причина такого, можно сказать, бедственного положения в первую очередь связана с недостаточной мотивацией заниматься наукой. На своих заседаниях члены Экспертного совета постоянно обращаются к этой проблеме. Пока мы не решим ее, поток бесполезных, если не сказать вредных, диссертаций не остановить. Главная мотивация для человека, занимающегося наукой – это интерес к приобретению новых знаний, здоровое любопытство, стремление внести новое в отечественную и мировую науку и практику. В связи с этим следует напомнить слова нашего великого соотечественника Петра Леонидовича Капицы, который говорил: «Ученый – не тот, кто пишет научные статьи или просто занимается наукой. Ученый – тот, кто не может не заниматься наукой». Мы думаем, что это – главная мотивация. Сюда можно также отнести и здоровое честолюбие людей, занимающихся наукой. Они хотят получить признание, сделать что-то новое в науке, при этом материальный вопрос, вопрос личного обогащения истинно-

го ученого практически не волнует. А для того, чтобы лучшие умы и наиболее преданные науке люди могли плодотворно работать, необходимо создать им соответствующие условия, обеспечить современным оборудованием, предоставить современное информационное обеспечение.

С чувством особой озабоченности Экспертный совет отмечает, что за последние годы возросло число диссертаций, содержание которых формируется на базе данных, порой достаточно сомнительных, взятых авторами из источников, которые не проходят научное рецензирование.

Некоторые докторские диссертации по-прежнему авторы представляют на защиту без должной апробации основных научных результатов в ведущих научных журналах и изданиях, многие ограничиваются публикациями в одном издании или журнале. Достаточно часто в перечне опубликованных работ по теме диссертации указываются статьи, тезисы докладов, не соответствующие в прямой постановке теме диссертации. Во многих справках о присуждении ученой степени доктора наук в списках трудов, выполненных соискателем в соавторстве, не приводятся сведения о личном авторском вкладе. Научные труды надлежащим образом не ранжируются.

В то же время в судостроительной отрасли возможности научных публикаций соискателям предоставлены в достаточной мере. В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты открытых диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по профилю нашего совета, включены:

Морской вестник; Морской сборник; Морские интеллектуальные технологии; Морская радиоэлектроника; Судостроение; Научные труды ФГУП ГНЦ «ЦНИИ имени академика А.Н. Крылова»; Двигателестроение; Атомная энергия; Военная мысль; Машиностроение и др.

Анализ диссертаций, представленных в ВАК в 1995–2011 гг., свидетельствует о том, что нам по-прежнему не удалось устранить искажения соискателями основополагающих общенаучных понятий и определений. Например, в диссертациях, представленных в ВАК, имели место вольное изложение и подмена понятий объекта и предмета исследования, в отдельных диссертациях формулировка целей

Таблица 3

Перечень диссертационных советов, подконтрольных Экспертному совету ВАК по проблемам флота и кораблестроению (в таблице не представлены 20 диссертационных советов ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

№ пп.	Организация	Шифр диссертационного совета	Специальности диссертационного совета
1.	Волжская государственная академия водного транспорта.	Д. 223.001.02	05.08.03 05.08.05 05.13.06
		Д.223.001.01	05.22.19 03.00.16
2.	Государственная академия им. С.О. Макарова	Д.223.002.02	05.08.05 05.09.03
		Д.223.002.03	05.22.17 05.22.19
3.	Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского	Д.223.005.01	05.08.04 05.08.05 05.22.19
4.	Московская государственная академия водного транспорта	Д.223.006.01	05.22.19
5	Морская государственная академия им. адм. Ф.Ф. Ушакова	Д.223.007.01	05.08.05 05.22.19
6.	Новосибирская государственная академия водного транспорта	Д.223.008.01	05.08.05 05.14.02
		Д.223.008.02	05.22.17 05.22.19
7.	Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций	Д.223.009.04	05.08.04 05.08.05
		Д.223.009.03	05.13.06 05.13.18 05.25.05
		Д.223.009.01	08.00.05
8.	Дальневосточный Федеральный государственный университет (Дальневосточный государственный технический университет им. В.В. Куйбышева (ДВПИ им. В.В. Куйбышева)	Д.212.055.01	05.08.03 05.08.05 05.08.06
9.	ФГУП ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова	Д.411.004.01	05.08.01 05.08.03 05.08.05 05.08.06
10.	ОАО НПО «Аврора»	Д.411.003.01	05.13.01 05.13.06
11.	ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта».	Д. 411.005.01	05.08.04 04.03.06
12.	ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор».	Д.411.007.01	05.11.03 05.13.01
13.	ОАО «Государственный навигационно-гидрографический научно-исследовательский институт».	ДС 215.307.01	05.02.09 05.01.09
14.	ОАО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».	ДС 411.003.01	20.02.14
15.	Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота.	ДМ 307.002.01 ДМ 307.002.02	13.00.08 05.08.05 05.26.02
16.	ОАО «Морской научно-исследовательский институт радиоэлектроники «Альтаир».	Д 411.001.01	05.12.14 05.13.01
17.	ОАО «Концерн «Океанприбор».	Д 411.009.01	05.11.06 05.13.01
18.	ФГУП «НИИ Мортеплотехники».	Оформляется единый совет в ОАО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»	20.02.14
19.	Астраханский государственный технический университет.	Д 307.001.06 Д 307.001.07	05.08.04 05.08.05 05.09.03
20.	Санкт-Петербургский государственный Морской технический университет	Д 212.228.01 Д 212.228.02 Д 212.228.03 Д 212.228.04 Д 212.228.05	05.08.01 05.08.03 05.08.04 05.08.05 01.04.06 05.02.08 05.09.13
21	Мурманский государственный технический университет	Д 307.009.02	05.18.12 05.18.04

работы не отличается строгостью и конкретностью. Выбранные методы исследования по-прежнему не обосновываются. Выводы по работе, а также выводы по отдельным главам, да и в целом структура работ не всегда соответствуют поставленным целям, тем более что эти цели абстрактны и не достаточно корректны. Предлагаемые авторами новые решения не аргументируются и, что самое главное – критически не оцениваются по сравнению с другими известными решениями. Нельзя ожидать от диссертации внутреннего единства и соответствующей логики построения, если в ней нечетко определены предмет и объект исследования.

В целом тематика, научная новизна, теоретическая и практическая значимость ряда диссертационных работ требуют повышенного внимания при проведении экспертизы. В диссертационных советах недостаточное внимание уделяется оценке методов, эмпирической обоснованности, репрезентативности эксперимента. Соискатели довольно часто слабо владеют даже основами математического моделирования. В этом мы наглядно убеждаемся, заслушивая доклады приглашенных на заседания Экспертного совета соискателей. Отдельные соискатели вообще слабо ориентируются в материале своей диссертации.

В последние годы наметилась крайне негативная тенденция, связанная с сокращением числа научных трудов соискателей ученых степеней докторов военных наук и технических наук. На защиту выносятся докторские диссертации, основное содержание которых опубликовано в четырех–восьми трудах. Более того, половина этих трудов – тезисы докладов и отчеты о НИР. Разве можно это назвать широким общественным обсуждением? И, что самое удивительное, даже члены диссертационных советов за последние годы резко сократили публицитическую активность. Примерно 30% состава диссертационных советов вообще не имеют в течение последних трех лет публикаций.

Мы вынуждены обратить внимание на то, что значительная часть представленных в ВАК докторских диссертаций, вообще не имеют должного фундаментального или даже прикладного теоретического обоснования. Во многих работах отсутствуют статистический материал, элементарные расчетные выражения. По-прежнему исключительно сложные социальные, военно-политические, технологические, управленческие и другие процессы, рассматриваемые в диссертациях на соискание докторов наук,

не моделируются, численная оценка эффективности принимаемых решений отсутствует, а для выбора окончательного решения соискатели используют в лучшем случае самый простейший вариант экспертных оценок. Такие диссертации изобилуют тривиальными выводами, ставящими под сомнение объективное существование важнейшей для развития государства технической науки.

Несколько слов надо сказать об оценке содержательной части диссертаций, представляемых на соискание ученой степени доктора и кандидата технических наук. Вначале о языке, стиле написания авторефератов и диссертаций и о качестве их оформления: эксперты на протяжении уже десятилетия отмечают тенденцию снижения требовательности диссертационных советов к их содержанию. Особенно это касается формулировок положений, выносимых соискателями на защиту. Строгие понятия подменяются общими рассуждениями. Часть авторефератов напоминает скорее учебные пособия. Мы исходим из того, что в положениях, выносимых на защиту, должно быть раскрыто существо всей диссертационной работы. Достаточно часто соискатели забывают, что авторефераты должны отличаться аналитической насыщенностью, обоснованностью полученных оригинальных моделей, корректным использованием и обоснованностью математического аппарата и оценкой его эффективности, достоверности. В авторефератах следует особо подчеркивать значимость используемых в исследованиях экспериментальных методов, основанных на новых физических принципах. Рефераты соискателей достаточно часто изобилуют многообещающими формулировками, общими и даже тривиальными выводами. Эксперты же исходят из того, что четко сформулированное содержание автореферата – важнейший показатель квалификации соискателя. На практике мы видим, что новизна темы подменяется сложной для восприятия научной фразеологией.

Соискатели используют нетрадиционные термины, фразеологизмы и понятия, которые достаточно часто не считают нужным определять. При этом применение их в работе смысла и содержания диссертационного исследования не раскрывает. Например, вместо слов «методы и средства» появляется термин «многомерный инструментарий». Во многих работах используются громоздкие (при этом надуманные) словосочетания. На защиту часто выносятся тривиальные положения, которые вовсе не нужда-

ются в защите. Например, на защиту выносятся «комплекс педагогических условий, способствующих тому-то», «методический комплекс в контексте такой-то подготовки». Порой даже Экспертному совету трудно понять, что же выносится на защиту. При докладах на президиуме эксперты вынуждены менять формулировки положений, выносимых на защиту, заменяя предложения советов истинным научно обоснованным смысловым содержанием.

Использование нетрадиционных «модных» терминов в названиях диссертаций также стало достаточно часто встречаться.

Если раньше исторические аспекты соискатели затрагивали в первой главе диссертации, то в последнее время они все чаще составляют основу самой работы. К сожалению, объективной связи между историческими, техническими и военными аспектами в таких диссертациях, как правило, нет. Историческая часть в них представлена обособленно и не является логической основой работы.

В последние годы Президиум ВАК обращал особое внимание на необходимость оценки практической значимости выполненных исследований. Мы напоминаем, что речь шла о том, что на заседании Президиума ВАК 9 ноября 2007 г. (протокол № 45) было принято решение: «Президиум ВАК поручил Управлению организации и государственного контроля в сфере аттестации научных и научно-педагогических работников в представляемых на президиум справках о присуждении ученой степени доктора технических наук и о выдаче диплома кандидата технических наук отмечать (в виде сноски) наличие у соискателя авторских свидетельств и патентов на изобретение».

Экспертный совет по проблемам флота и кораблестроению считает данное требование обоснованным. Наличие патентов, оформленных решений на полезные модели, утвержденных методик и т.п. свидетельствует о новизне проведенных соискателями исследований. Однако до настоящего времени эта проблема диссертационными советами не была решена. Более того, мы наблюдаем отрицательную реакцию отдельных представителей этих советов на наличие у соискателей ученой степени доктора технических наук патентов на изобретения.

По-прежнему крайне редко (не более 10–15%) представляются диссертации, направленные на разработку перспективного оружия и вооружения, высокоэффективного конструктивно-технологического обеспечения

судостроительной и машиностроительной промышленности. В выборе тем диссертационных исследований соискатели не учитывают критические технологии, определенные президентом страны, а также распоряжением правительства. Поэтому не случайно Экспертный совет может рекомендовать для расширенного использования результаты только около 40% всех диссертационных работ, рассмотренных в 2011 г.

Особенно нас беспокоит положение с научными исследованиями в области военных наук. Как показывает опыт деятельности ВАК, в течение 10 лет военная наука переживает глубокий системный кризис, и это, несмотря на то, что в мире создаются принципиально новые образцы оружия, принимаются на вооружение новые носители, перед Вооруженными силами РФ ставятся новые задачи, меняются условия их выполнения, происходит процесс реформирования Вооруженных сил.

При анализе деятельности диссертационных советов отрасли особенно в последние 5–10 лет обращает на себя внимание их крайне неравномерная загрузка. По проблемам флота и кораблестроению, например, в 2011 г. четыре совета (10% от всей численности советов) не имели ни одной защиты. К числу наиболее пассивных можно отнести диссертационный совет при ОАО «ЦТСС». Такое положение недопустимо. В настоящее время акцент научных исследований должен быть направлен в первую очередь на решение технологических проблем современных судостроительных производств. В противном случае отечественное судостроение будет обречено.

По техническим наукам оказались востребованными в максимальной степени специальности диссертаций 05.08.05, 05.08.03. Однако по важнейшей специальности «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства» в течение более 10 лет не было защищено ни одной докторской диссертации.

Это далеко не исчерпывающий перечень недостатков. В случае заинтересованного отношения читателей к данной проблеме Экспертный совет продолжит публиковать результаты своей деятельности.

В настоящее время разрабатываются новые документы, регламентирующие деятельность диссертационных советов и ВАК. Наша задача в ближайшее время успешно пройти процедуру переутверждения диссертационных советов и направить все усилия на развитие отечественной кораблестроительной науки. ■



НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ МОРСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

www.smtu.ru

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет завершил 2011 год взятием еще одного важного рубежа на пути повышения эффективности подготовки кадров для судостроительной отрасли – вошел в число победителей конкурса программ стратегического развития государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, проведенного Министерством образования и

науки Российской Федерации в соответствии с поручением, данным Председателем Правительства Российской Федерации В.В. Путиным 31 августа 2011 г. № ВП-П8-6296.

Государственная поддержка разработанной и принятой к исполнению Корабелкой программы стратегического развития призвана укрепить кадровый потенциал, сформировать обновленную инфраструктуру образовательного процесса и научных исследова-

ний, расширить инновационную деятельность и будет способствовать более полному использованию возможностей, предоставленных Указом Президента Российской Федерации Д.А. Медведева от 20 января 2011 г. № 63 о включении СПбГМТУ в перечень федеральных вузов, самостоятельно устанавливающих образовательные стандарты и требования для реализуемых ими программ высшего профессионального образования. ■

- Информационно-поисковая - система -

Корабел.ру

Судостроение. Судходство. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

МОРСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

15 декабря 2011 г. в Судостроительном лицее № 25 состоялось выездное заседание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Рассмотрен обширный круг вопросов, в частности:

- состояние подготовки рабочих различных профессий для судостроительных предприятий и перспективы развития лицея;
- работа попечительского совета лицея;
- перспектива сотрудничества холдинговой компании «Пигмент» с судостроительной промышленностью;

ВЫЕЗДНОЕ ЗАСЕДАНИЕ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

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



Президиум собрания (слева направо): ответственный секретарь Морского совета при правительстве Санкт-Петербурга Т.И. Чекалова, президент Ассоциации В.Л. Александров, вице-президент «ОСК» С.Н. Форафонов

- 20-летие учреждения общественной организации «Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области» и др.



Директор лицея А.Л. Женаев

Принята к сведению информация директора лицея А.Л. Женаева. Отмечено, что за период с 1933 по 2010 г. подготовлено более 36 000 рабочих различных профессий для судостроительных предприятий. В настоящее время в лицее обучается более 700 учащихся со сроком обучения от одного до трех лет по более чем десяти специальностям, востребованным на предприятиях города. Обучение про-

оборудованием, с которым ознакомились участники заседания Ассоциации.

В связи с острой потребностью предприятий судостроения города в специалистах среднего звена поддержано предложение дирекции лицея о целесообразности преоб-



В зале заседаний

разования его в колледж и обращение в Комитет по образованию Правительства Санкт-Петербурга для проработки этого вопроса.

Был переизбран попечительский совет лицея во главе с председателем О.М. Бондаревым, директором по работе с персоналом ОАО СЗ «Северная верфь».

Заслушано сообщение председателя совета директоров холдинговой компании «Пигмент» Г.И. Агафонова о новых направлениях работ компании по внедрению современных разработок окрасочных материалов для продукции судостроения.

В целях эффективного использования этих разработок в судостроительной промышленности целесообразно проработать вопрос более тесного сотрудничества с ОАО «Объединенная судостроительная корпорация».



Ознакомление с учебно-материальной базой

водится по современным программам с использованием хорошей учебно-материальной базы, оснащенной современным



В учебной мастерской

Предложено провести в апреле 2012 г. юбилейное собрание Ассоциации, посвященное 20-летию ее создания. ■

Настоящей статьёй «Северная верфь» начинает цикл публикаций, посвященных столетию предприятия, празднование которого намечено на 14 ноября 2012 г.

Очевидно, что знакомство с заводом следует начинать с его истории, материалы о которой хранятся в нашем музее, одном из крупнейших музеев промышленных предприятий Санкт-Петербурга. Музей ведет свою историю с 40-х гг. прошлого столетия. После Великой Отечественной войны группа ветеранов завода организовала кабинет истории верфи, который в 1957 г. был преобразован в Народный музей истории Ленинградского судостроительного завода им. А.А. Жданова. В том же году на предприятии была утверждена специально назначенная комиссия по сбору материалов, связанных с историей завода. В комиссию вошли многие ветераны-ждановцы, которые в течение двух лет изучали архивные документы завода и собирали исторические реликвии, составившие основу музея.

Первая экспозиция была размещена в одном из помещений здания главной проходной завода, к 1974 г. музей расширился и переехал в новый инженерный корпус, где занял шесть залов, а в 2004 г. на базе существующей экспозиции был открыт, по сути, новый музей истории предприятия. Сейчас на площади 900 м² расположены более 3000 экспонатов: модели кораблей и судов, построенных в разные годы на «Северной верфи», документы, награды, личные вещи рабочих и служащих предприятия и другие материалы. В 1980 г. приказом министра культуры РСФСР музею было присвоено звание «Народный музей».

В его экспозицию входят также памятник, расположенный на территории завода, и мемориальные доски. Памятник создан из носовой части эсминца пр. 57бис «Гремящий», построенного в 1960 г. и переоборудованного в БПК пр. 57А в 1968 г. На обеих сторонах стелы выполнена надпись: «Корабелам, стоявшим насмерть!». Рядом установлен гранитный монолит, на котором выбиты имена погибших во время Великой Отечественной войны эсминцев, построенных верфью: «Яков Свердлов», «Ленин», «Гневный», «Гордый», «Скорый»; а также тральщиков «Ударник», «Фугас», «Патрон»; сторожевиков «Циклон», «Буря», «Пурга», «Бриллиант», «Жемчуг», «Снег».

Экспозиция постоянно обновляется, меняются выставки. Среди последних – выставка, посвященная нескольким поколениям работников «Северной верфи» с момента основания Путиловской верфи до распада Советского Союза и становления нового российского госу-

ОАО «СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»: НА ПУТИ К СТОЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ

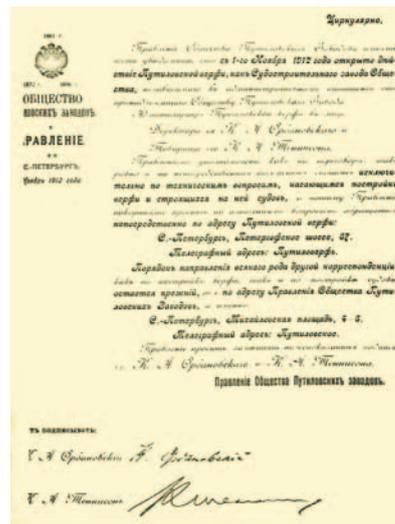
ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 2914

дарства. Около 200 экспонатов музея «Северной верфи» причислены к памятникам культуры.

Музей посещали высшие руководители страны и Петербурга, командование ВМФ России и ВМС различных государств. В нем регулярно проводятся экскурсии для работников завода, школьников и учащихся высших и средних специальных учебных заведений, а также для делегатов и участников различных конференций городского и федерального уровня.

Акционерное общество «Судостроительный завод «Северная верфь» ведет свою историю от судостроительного отдела Путиловского завода, основанного в 1890 г., который в 1908 г. выделился в самостоятельное предприятие. С 1887 по 1916 г. на Путиловском заводе было построено шесть миноносцев типа «Биорке», минные крейсера «Доброволец» и «Московитянин», канонерская лодка «Кореец», 10 посыльных судов и другие суда. Высшим достижением конструкторов, инженеров и рабочих Путиловского завода стало проектирование и строительство в 1910–1913 гг. эскадренного миноносца «Новик» – первого в отечественном флоте корабля с паровыми турбинами. Имя «Новик» новому кораблю было присвоено в память крейсера, погибшего в русско-японскую войну. «Новик» стал головным кораблем массовой серии эсминцев (построено всего около 50 ед.), который значительно превосходил все корабли этого класса по вооружению, живучести и установил мировой рекорд скорости – 37,2 уз.

Несомненно, важнейшим, определяющим для подготовки предприятия к празднованию столетия, является музейный документ, с даты опубликования которого 14 ноября 1912 г. (1 ноября по старому стилю) и ведет отсчет верфь. Заложена она была на площади в 35 га, не считая акватории южнее Путиловского завода, на заболоченном берегу Финского залива (Балтийский завод, например, в это время занимал 18 га, а Адмиралтейский еще меньше). Смелое решение – построить верфь на болоте – было принято после тщательного изучения иностранного опыта. Незадолго до этого одна из ведущих германских судостроительных компаний – гамбургская фирма «Блом и Фосс» – построила современную верфь на заболоченном



Уведомление правления Общества Путиловских заводов об открытии верфи, 1 ноября 1912 г.

берегу Эльбы. Для намыва новых территорий была приглашена голландская фирма «Аккерман и ван Гаарен», имевшая богатый опыт гидротехнических работ. Строительство велось невиданными темпами. Все здания и сооружения возводились одновременно. Всего за один 1912-й год на Путиловской верфи были построены большая и малая судостроительные мастерские общей площадью 22 000 м², турбинная мастерская с испытательной станцией для котлов и турбин, сборочно-установочная, медницкая, ремонтная мастерские, строительный и железнодорожный цеха. Эллинг проектировался длиной 250 и шириной 80 м, на нем можно было строить корабли и суда водоизмещением до 50 тыс. т. Однако построенная часть эллинга имела длину только 150 м, что на многие десятилетия ограничило размеры строившихся на заводе кораблей и судов. К югу



План Путиловской верфи, 1912 г.

от эллинга были сооружены четыре открытых стапеля, на которых предполагалось строить миноносцы и другие корабли и суда водоизмещением до 2 тыс. т. Входящий в Морской канал внутренний бассейн глубиной до 7,8 м (ковш), вырытый для достройки и ремонта кораблей, имел длину 639 м и ширину 205 м.

После назначения адмирала И.К. Григоровича морским министром Государственная Дума 6 июня 1912 г. приняла «Программу спешного усиления Балтийского флота на 1912–1916 годы» как часть Большой судостроительной программы. И уже к годовщине основания верфи состоялись торжества и закладка новых кораблей. Масштабы торжества можно оценить по ее программе. В этот день со старых стапелей Путиловского завода было спущено

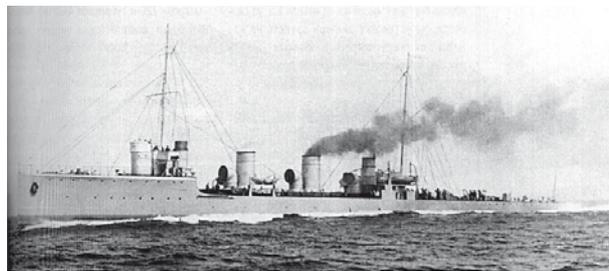


ПРОГРАММА ТОРЖЕСТВА:

1. Спуск на воду спасательного судна «ВОЛХОВЪ» (на территории Путиловского Завода).
2. Молебств. на Путиловской Верфи.
3. Закладка на Путиловской Верфи легких крейсеров: «Джарраль Бутаков» и «Джарраль Спиридов».
4. Закладка на Путиловской Верфи эскадренных миноносцев: «Капитан Изыльметьев», «Лейтенант Ильин», «Капитан Белов» и «Лейтенант Дубосов».
5. Закладка на территории Путиловского Завода эскадренных миноносцев: «Капитан Конопъ-Зотовъ» и «Капитан Керв».

Программа торжеств, посвященных первой годовщине верфи

но на воду спасательное судно «Волхов», вскоре переведенное для достройки в бассейн новой верфи. В новом эллинге были торжественно заложены корпуса легких крейсеров «Адмирал Бутаков» и «Адмирал Спиридов», а на стапелях – четыре эскадренных миноносца типа «Новик». В ноябре 1914 г. на верфи были заложены еще два эсминца типа «Новик». По контракту крейсер «Адмирал Бутаков» должны были сдать флоту 1 августа 1915 г., в «Адмирал Спиридов» – 15 октября 1915 г. Завершению работ в полном объеме помешала Первая мировая война. Степень технической готовности на момент прекращения постройки составляла не более 45–50%. Недостроенный крейсер «Адмирал Спиридов» в 1924–1926 гг. на Северной верфи переоборудовали в дизельный танкер «Грознефть». Сдача первого корабля типа «Новик» – эсминца «Капитан 2 ранга Изыльметьев» – происходила в Гельсингфорсе летом 1916 г. В конце 1916 г. вошел в строй эсминец «Лейтенант Ильин», в следующем году – «Ка-



Эскадренный миноносец «Новик»

питан 1 ранга Миклухо-Маклай». Остальные корабли не были достроены в срок. В 1915 г. Путиловская верфь переоборудует коммерческое судно «Императрица Александра» водоизмещением 3800 т в гидроавиатранспорт «Орлица». В феврале того же года верфь получает заказ на постройку тральщиков типа «Капсюль» водоизмещением 248 т, которые были сданы заказчику в конце марта 1916 г. Месяцем раньше начинается строительство пяти тральщиков типа «Ударник». Два тральщика – «Ударник» и «Защитник» – спусти на воду 23 июля 1916 г., а 14 июля по завершении испытаний их приняли в состав флота. В 1916 г. на верфи строились 2 крейсера типа «Светлана», 8 миноносцев типа «Новик» и 10 тральщиков. Летом этого года со стапелей верфи в один день было спущено 5 судов: 1 крейсер, 2 эсминца и 2 тральщика. В сентябре 1916 г. Путиловская верфь сдает Балтийскому флоту плавбазу подводных лодок «Тосно», переоборудованную из английского грузового парохода водоизмещением 3200 т. В 1916 г. на верфи работало 4500 рабочих.

В октябре 1921 г. Путиловская верфь переименована в Северную верфь, и завод в основном был занят строительством коммерческих судов различного назначения. Всего с 1928 по 1937 г. на Северной верфи было построено 18 сторожевых кораблей. Закладка шести сторожевых кораблей водоизмещением 534 т, скоростью 25,8 уз, при суммарной мощности двух ГТЗА 6850 л.с. на Северной верфи состоялась 1 августа 1927 г. Им присвоили названия «Ураган», «Тайфун», «Смерч», «Циклон», «Гроза» и «Вихрь». Головной корабль «Ураган» был спущен на воду 14 мая 1929 г.

В 1930 г. из Технического бюро Северной верфи выделено Бюро специального проектирования судов, на которое возложено проектирование боевых кораблей и катеров для военно-морских сил РККА. С 1931 г. бюро было переименовано в Центральное конструкторское бюро специального судостроения (ЦКБС), в дальнейшем – ЦКБ-17 (Невское ПКБ).

По результатам Первой мировой войны в составе итальянского и французского флотов появились новые большие эсминцы-торпедоносцы с сильным

артиллерийским вооружением. 29 октября 1932 г. на Северной верфи был заложен, а через год, 18 ноября 1933 г., спущен на воду первый отечественный торпедоносец – лидер «Ленинград». На заводских испытаниях в 1935 г. лидер

показал скорость около 41,3 уз. В следующем году на одном из пробегов на мерной миле «Ленинград» при водоизмещении 2225 т и мощности турбин 67 250 л.с. развил скорость 43 уз. После продолжительных испытаний 5 декабря 1936 г. он вступил в состав Балтийского флота. По измененной документации 5 октября 1934 г. на верфи заложил второй лидер «Минск», который вступил в строй 15 февраля 1939 г.

Еще в октябре 1933 г. верфь начинает постройку быстроходных тральщиков (типа «Фугас» пр. №3) «Фугас» «Заряд», «Буй» и «Патрон». Корабль водоизмещением 433 т, оснащенный отечественными дизелями Коломенского завода, развивал ход более 18 уз. С 1934 г. было начато строительство еще четырех тральщиков нового пр. 53.

Для Морпогранохраны НКВД в 1934–1937 гг. по измененному проекту тральщика «Фугас» (пр. 43) строятся четыре пограничных сторожевых корабля (ПСК) водоизмещением 580 т и скоростью 17,2 уз.

В начале 1936 г., Северная верфь была переименована в завод имени А.А. Жданова.

А ранее, в июне 1935 г. по пр. 45 был заложен экспериментальный эсминец «Серго Орджоникидзе» (с 1940 г. – «Опытный»). Согласно проекту, корабль при водоизмещении около 1600 т и вооружении из трех башенных 130-миллиметровых артиллерийских установок и двух 4-трубных торпедных аппаратов для стрельбы торпедами калибра 533 мм должен был развивать ход 42 уз и иметь дальность плавания экономическим ходом 20,5 уз не менее 3200 миль, а полным – 1000 миль при запасе мазута 400 т (нормальный – 236 т). Корпус корабля проектировался типовым для будущих серийных эсминцев. При постройке корпуса впервые в широких масштабах была применена электросварка, что позволило значительно – до пяти месяцев – сократить стапельный период. Из-за отсутствия ряда систем вооружения и аппаратуры котельной автоматики достройка «Серго Орджоникидзе» задерживалась, а после начала подготовительных работ к постройке крупной серии эсминцев (пр. 7 и пр. 7У) отошла на второй план. В строй он так и не вступил, участвовал в обороне Ленинграда в качестве плавучей батареи.

Программой военного кораблестроения на второй пятилетний план (1933–1938), утвержденной Советом Труда и Обороны 11 июля 1933 г., предусматривалось строительство большой серии эсминцев нового поколения, которые должны были заменить устаревшие к этому времени «новики». Такими кораблями стали эсминцы типа «Гневный», которые занимают особое место в истории отечественного кораблестроения.

По заданию новые эсминцы должны были развивать скорость не менее 38 уз. Всего планировалось построить по этому проекту 53 корабля, затем постановлением правительства серию увеличили до 110 ед. Наиболее подготовленным к решению этой задачи оказалась Северная верфь, в начале 1936 г. переименованная в «Судостроительный завод им. А.А. Жданова». Именно здесь планировалась закладка большей части кораблей.

В ноябре 1935 – декабре 1936 гг. на заводе были заложены 17 эсминцев пр. 7. Головной эсминец этой серии «Гневный» спустили на воду 13 июля 1936 г. После доработки проект вместо линейного расположения энергетической установки получил эшелонное, были установлены четыре новых котла, увеличено количество зенитных орудий и др. Это был по существу новый тип эсминца, проект которого получил обозначение 7У («улучшенный»). Всего на заводе им. А.А. Жданова в 1936–1940 гг. было построено 14 эсминцев пр. 7 и три – пр. 7У.

В предвоенные годы на заводе им. А.А. Жданова был построен экспериментальный корабль «Опытный» (пр. 45). На этом корабле отработывалась электрическая сварка судовых конструкций, применение новых механизмов и т.д. В состав Балтийского флота корабль был принят в сентябре 1941 г.

Взятый курс на создание океанского флота потребовал пересмотра ряда оценок боевых и технических качеств эскадренных миноносцев. В связи с этим, а также с окончанием строительства серии сторожевых кораблей типа «Ураган» было решено приступить к проектированию и строительству новой серии сторожевых кораблей – с более мощным артиллерийским вооружением, большими дальностью плавания и автономностью. Серийное строительство нового сторожевого корабля по пр. 29 было начато в Ленинграде, на заводе им. А.А. Жданова, в Николаеве и Комсомольске-на-Амуре. Закладка головного корабля состоялась 22 мая 1939 г., а спуск на воду – 21 июля 1940 г. На 22 июня 1941 г. общая техническая готовность «Ястреба» (такое название получил корабль) составляла 50%. Достроен «Ястреб» был в Ленинграде и сдан флоту в 1944 г.

До весны 1941 г. на заводе им. А.А. Жданова были заложены еще пять

кораблей пр. 29: «Орел», «Коршун», «Беркут», «Сокол», «Гриф», а также два сторожевика «Кречет» и «Зоркий» для Морпогранохраны НКВД.

В августе 1937 г. одновременно с пересмотром программы строительства эсминцев пр. 7 было принято решение о проектировании корабля нового поколения пр. 30 с эшелонированным расположением турбин, котлов и повышенной прочностью корпуса. Дальность плавания экономическим ходом предполагалось довести до 4000 миль, сохранив 38-узловую скорость полного хода. Технический проект был разработан конструкторским бюро завода им. А.А. Жданова в октябре 1939 г., а головной эсминец пр.30 «Огневой» заложен в Николаеве на заводе им. 61 коммунара в августе 1939 г. В соответствии с планами заказов предстояло построить 15 кораблей на разных заводах со сроками сдачи двух кораблей в 1941 г., а остальных – в 1942 г.

Всего на заводе им. А.А. Жданова планировалось построить 14 эсминцев пр. 30. В первой половине 1941 г. на воду были спущены эсминцы «Отличный» и «Образцовый». Но в связи с началом войны ни один из кораблей достроен не был. В послевоенные годы на заводе им. А.А. Жданова по доработанному пр. 30К были достроены заложенные перед войной эсминцы «Отличный», «Образцовый», «Отважный» и «Одаренный», корпуса других кораблей разобрали.



Эскадренный миноносец пр. 30бис «Степennyй»

К началу Великой Отечественной войны на заводе № 190 им. А.А. Жданова трудилось 11,5 тыс. человек. На второй день войны на завод пришел пассажирский теплоход «Андрей Жданов», который требовалось срочно переоборудовать под госпитальное судно. Через три недели оно было готово к приему раненых. По инициативе заводчан были спроектированы и изготовлены из имеющихся на складе 130-миллиметровых орудий железнодорожные батареи на базе 15-тонных железнодорожных платформ. Всего было изготовлено 12 таких артиллерийских установок, которые обороняли Ленинград до полного снятия блокады.

В течение одной недели был полностью демонтирован турбинный цех и вывезен в тыл. Последний эшелон с оборудованием ушел за сутки до установ-

ления блокады города. До конца 1941 г. завод выполнил восстановительный ремонт лидера «Минск», потопленного в августе в Кронштадте авиацией противника. В связи с близостью завода к линии фронта (3–4 км до передовой), механический, инструментальный, деревообрабатывающий, меднолитейный, сталелитейный, кузнечный, все вспомогательные цеха и службы завода были перебазированы на Выборгскую сторону, где после монтажа станков продолжался выпуск боеприпасов для фронта. На старом месте остались лишь корпусостроительные цеха. До конца 1941 г. на заводе было изготовлено около 18 тыс. мин и 6 тыс. снарядов, 15 артиллерийских и 135 пулеметных дотов.

В марте 1942 г. Государственный Комитет Обороны вынес решение, обязывающее ленинградских судостроителей построить к 15 мая 11 самоходных барж грузоподъемностью по 600 т каждая для организации снабжения через Ладожское озеро. Заготовки для барж делали в Ленинграде, баржи «россыпью» перевозили на Ладогу для сборки. Завод им. А.А. Жданова построил три баржи грузоподъемностью 900 т и 18 плашкоутов грузоподъемностью 25 т. Всего для Ладожского озера тремя судостроительными заводами Ленинграда было построено 14 барж, первая – за 20 дней, последующие за 6–10 дней. Таких сроков не знали и в мирное время при хорошем обеспечении работ. В

1943 г. на предприятии начался капитальный ремонт СКР «Вихрь», который пришел на завод в 1941 г. В этом же году началась серийная постройка малых тральщиков-«стотонников». В 1944 г. заводчане построили девять таких «стотонников».

После снятия блокады завод начал перебазирование на старую территорию, не прекращая выпуск продукции. В 1944–1945 гг. продолжались постройка малых тральщиков и ремонт боевых кораблей (эсминца «Стерегущий» и др.).

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь». – СПб.: ООО «Питер Пресс», 2007.
2. СПКБ: 60 лет вместе с флотом. – В альманахе «История корабля», СПб., 2006.
3. Северная верфь: Альбом. – СПб.: Лимбус-Пресс, 2002.
4. Буров В.Н. Отечественное военное кораблестроение в третьем столетии своей истории. – СПб.: Судостроение, 1995.
5. Кузин В.П., Никольский В.И. Военно-Морской Флот СССР. 1945–1991. – СПб.: Истор. морское общество, 1996.
6. Зубов Б.Н. Записки корабельного инженера: Развитие надводного кораблестроения в Советском Союзе. – М.: Ключ, 1998. ■

Пятнадцатый морской министр, кругосветный мореплаватель, командующий Балтийским и Тихоокеанским флотами, член Государственного Совета и конференции Николаевской морской академии, адмирал Алексей Алексеевич Бирилев родился 28(16) марта 1844 г. в сельце Бирилево Тверской губернии. Алексей Алексеевич происходил из старинного дворянского рода Бирилевых, ведущего свою историю с XV в. К нему принадлежал, например, контр-адмирал Н.А. Бирилев – участник защиты Севастополя в Крымскую войну 1853–1856 гг.

13 (1) августа 1859 г. пятнадцатилетнего Алексея определили юнкером на Балтийский флот в 1-й флотский экипаж. С этого времени вся жизнь Алексея Алексеевича была связана с императорским флотом России. В этом же году 14 (2) августа на 6-пушечном парусно-винтовом клипере «Разбойник»* (под командой капитан-лейтенанта Н.А. Раткова) он отправился из Кронштадта в дальнее плавание к берегам Китая, за время которого сменилось несколько командиров клипера: в Шанхае в марте 1861 г. им стал капитан-лейтенант А.Н. Розенберг, в октябре того же года его сменил капитан-лейтенант Батурич, а 4 мая (23 апреля) 1862 г. клипер принял капитан-лейтенант В.И. Попов. Эта смена командиров объяснялась травмой Раткова: при стоянке в Порто-Гранде (в феврале 1861 г.) на борт клипера в перегруз было принято 15 т угля в мешках, которые поместили на верхней палубе. В штормовую погоду через две недели после выхода из Порто-Гранде волной сдвинуло мешки с углем, которые и придавили ногу проходящему по верхней палубе Н. Раткову.

Затем Алексей плавал на Тихом океане на фрегате «Светлана», клиперах «Абрек», «Гайдамак» и «Наездник», корветах «Богатырь» и «Калевала». В августе 1860 г. юнкер А. Бирилев был переведен на фрегат «Светлана» под командой капитана 1 ранга И.И. Бутакова, и с 23 (11) августа того же года по 24 (12) октября 1861 г. он находился в плавании у берегов Китая и Японии. 24 (12) октября 1861 г. его перевели на клипер «Наездник» под командой капитан-лейтенанта Желтухина. 13 (1) марта 1862 г. Алексея произвели в гардемарины.

С этого года по июль 1865 г. А. Бирилев находился в плавании у дальневосточных берегов Сибири, в Тихом океане, поочередно на корветах «Калевала» (командир – капитан-лейтенант Давыдов) и «Богатырь» (капитан-лейтенанты Чебышев и Скрыплев), затем на клипере «Гайдамак» (капитан-лейтенант

* «Разбойник» – первый из клиперов, служивший образцом для постройки и вооружения пяти остальных. В 1866 г. сдан в порт на хранение, в 1867 г. его разобрали.

ПЯТНАДЦАТЫЙ МОРСКОЙ МИНИСТР ИМПЕРАТОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ АДМИРАЛ А.А. БИРИЛЕВ

С.П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса, председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС, заслуженный работник высшей школы России, контакт. тел. (812) 4319423



А.А. Пещуров, впоследствии вице-адмирал, управляющий Морским ведомством), вновь на «Богатыре», корвете «Калевала» (капитан-лейтенант Ф.А. Геркен), клипере «Абрек» (капитан 1 ранга Пилкин) и уже на корвете «Калевала» возвратился в Кронштадт.

10 апреля (29 марта) 1865 г. «за отличие» его удостоили чина мичмана и 19 (7) июля наградили за участие в дальнем плавании годовым жалованием, а 7 августа (26 июля) ему был пожалован орден Св. Станислава 3-й степени.

Кампанию 1866–1867 гг. Алексей Алексеевич провел в крейсерствах в Финском заливе и Балтийском море на пароходофрегате «Владимир» (капитан 2 ранга Кудрявый) и яхте «Забава» (капитан-лейтенант Гирс).

«За примерную службу и примерное выполнение обязанностей» 13 (1) января 1868 г. Алексея Алексеевича произвели в лейтенанты. Циркуляром штаба Кронштадтского порта от 16 (4) августа 1868 г. его назначили ревизором на корвет «Боярин», а 21 (9) апреля 1869 г. перевели в 4-й флотский экипаж с последующим назначением на этот корвет (капитан лейтенант В.Ф. Серков). 4 августа (23 июля) того же года лейтенант А. Бирилев вновь отправился в длитель-

ное плавание по Тихому океану. Корвет «Боярин» во время плавания из Кронштадта к берегам Амура посетил некоторые порты Австралии и столицу Тасмании Гобартуун (ныне Хобарт), которая со времени пребывания в 20-х гг. XIX столетия шлюпа «Ладога» не видела русского флага. Там был похоронен баталер с корвета «Боярин» Григорий Белавин. Вот как описывает это событие офицер корвета лейтенант В. Линден в своем очерке «В Тихом океане», посвященном кругосветному плаванью «Боярина»: «Кончина его вызвала искреннее сожаление всех сослуживцев. В печальной церемонии погребения приняли участие несколько лиц здешнего духовенства и хор музыки волонтеров. На другой день после погребения в газетах явилась статья за подписью какого-то Портсмута, предлагавшего подписку на построение памятника; в этом, впрочем, не предстало надобности, так как памятник был уже заказан на деньги, пожертвованные капитаном и офицерами. Перед уходом корвета памятник был готов и установлен на место захоронения, тем не менее, заявление Портсмута свидетельствует о внимании к памяти нашего сослуживца...». В настоящее время памятник находится в хорошем состоянии, о чем свидетельствует фотография, присланная с Тасмании в 2007 г.

С Дальнего Востока молодой офицер возвратился 4 июля (22 июня) 1872 г. на клипере «Гайдамак» под командой капитан-лейтенанта Колковского. «За особые заслуги и примерное радение» 1 июля (19 июня) 1872 г. его наградили орденом Св. Анны 3-й степени. Через год лейтенанта А. Бирилева переводят во 2-й флотский экипаж начальником 2-й роты команды клипера «Алмаз».

Затем Алексей Алексеевич последовательно служил в должности старшего офицера: на мониторе «Колдун» под командой капитан-лейтенанта Веселаго с переводом 20 (8) июня 1873 г. в 3-й флотский экипаж, клипере «Алмаз», двухбашенной лодке «Чародейка» под командой капитана 2 ранга Валицкого.



13 (1) января 1878 г. высочайшим приказом лейтенант А.А. Бирилев был произведен в капитан-лейтенанты и этим же приказом ему был пожалован орден Св. Станислава 2-й степени.

2 августа (21 июля) 1878 г. во время учения при преждевременном взрыве детонатора с гремучей ртутью Алексей Алексеевич был ранен в грудь и живот 22 осколками. По выздоровлении через год, 13 (1) августа 1879 г., капитан-лейтенант А. Бирилева переводят вновь во 2-й флотский экипаж и назначают старшим офицером на броненосный фрегат «Адмирал Лазарев» под командой капитана 1 ранга Кумани. В апреле 1880 г. командиром броненосного фрегата «Адмирал Лазарев» был назначен капитан 1 ранга Ф.А. Геркен (впоследствии адмирал), а с 28 (16) июля по 18 (6) сентября по приказу генерал-адмирала великого князя Алексея Александровича А.А. Бирилев принял командование этим фрегатом.

С 25 (13) декабря 1880 г. по 30 (18) марта 1885 г. А. Бирилев успешно командовал одним из первых минных кораблей – миноносцем «Взрыв», за что 13 (1) января 1883 г. ему был пожалован орден Св. Анны 2-й степени. В этот же период он становится членом Комиссии (приказ №1305 от 25 февраля (по стар. ст.) 1882 г.) по составлению оснований и правил для руководства при подготовке судовых расписаний. 5 сентября (24 августа) 1882 г. его переводят в 7-й флотский экипаж в связи с переназначением миноносца «Взрыв», затем он заведует пароходом «Ларга» (приказ Главного командира Кронштадтского порта от 26 (14) ноября 1882 г.)

26 февраля (по стар. ст.) 1885 г. А.А. Бирилеву было присвоено звание капитана 2 ранга. 25 (13) апреля 1886 г. опытного моряка назначают командовать минным крейсером «Лейтенант Ильин», а 13 (1) января 1888 г. – командиром клипера «Пластун» (командовал до 13 (1) января 1889 г.).

Приказом главного командира Кронштадтского порта от 16 (4) октября 1888 г. Алексей Алексеевич был назначен членом Комиссии для разработки пра-

вил внутренней службы на судах флота, затем приказом начальника Главного Морского штаба (ГМШ) от 25 (13) того же года – членом Комиссии по составлению положения для управления морскими командами на берегу. По поручению управляющего Морским министерством приказом ГМШ от 21 декабря (по стар. ст.) 1888 г. Алексей Алексеевич был назначен членом Комиссии для разработки, исправления, дополнения и вообще пересмотра запасного штата снабжения судов флота на плавание.

13 (1) января 1889 г. А.А. Бирилеву присваивают звание капитана 1 ранга. Приказом от 4 октября (22 сентября) 1889 г. ему пожалован орден Св. Владимира 4-й степени с бантом за 25 лет беспорочной службы, а 24 (12) февраля 1900 г. назначают командиром отряда миноносцев и их командами 8-го флотского экипажа Балтийского флота, в это же время он командует крейсером 1 ранга «Минин» (с 23 (11) июня 1890 г. по 21 (9) октября 1892 г.).

14 (2) октября 1891 г. А. Бирилев был переведен во 2-й флотский экипаж, 8 февраля (27 января) 1892 г. ему присваивают звание почетного гражданина французского города Брест. 14 (2) марта А.А. Бирилеву пожалован египетский орден «Османия» 3-й степени, 26 (14) июня – греческий орден «Спасителя» 3-й степени.

31 (19) ноября 1892 г. А. Бирилев возглавил команду эскадренного броненосца «Сисой Великий». Проплавав на нем одну кампанию, он затем командует броненосцем береговой обороны «Адмирал Ушаков» (с 13 (1) января 1893 г.), эскадренным броненосцем «Гангут» (с 11 сентября (30 августа) 1893 г.).

13 (1) января 1893 г. Алексей Алексеевич был удостоен ордена Св. Владимира 3-й степени, а 17 (5) мая этого же года ему пожалован португальский военный орден «Св. Венедикта Авизского» со звездой.

27 (15) декабря 1893 г. по предписанию ГМШ капитан 1 ранга А.А. Бирилев был назначен членом Комиссии для пересмотра и дополнения Морского устава.

21 февраля (по стар. ст.) 1894 г. ему пожалован французский орден Почетного Легиона офицерского креста, а 27 (15) апреля его назначают членом Комиссии по осмотру возвратившегося из заграничного плавания крейсера 1 ранга «Генерал-Адмирал» и проведению экзамена учеников в квартирмейстеры. 28 (16) сентября Алексей Алексеевич был переведен в 7-й флотский экипаж; 18 (6) декабря производят в контр-адмиралы и переводят в 1-й флотский экипаж.

5 сентября (24 августа) 1895 г. циркуляром ГМШ Алексей Алексеевич был назначен председателем Комиссии

по приему экзаменов у чинов минного класса. 26 февраля (по стар. ст.) 1896 г. ему была пожалована серебряная медаль на ленте ордена Св. Александра Невского в память в бозе почившего императора Александра III. 26 (14) мая 1896 г. ему был пожалован орден Св. Станислава 1-й степени, а 25 (13) января 1897 г. его назначают младшим флагманом.

Последующие годы службы Алексея Алексеевича были связаны с подготовкой артиллерийских кадров для кораблей: он дважды возглавлял учебно-артиллерийский отряд Балтийского флота (13 (1) февраля 1897 г. и 26 февраля (по стар. ст.) 1898 г.). 7 октября (25 сентября) 1897 г. А. Бирилев был зачислен в 6-й флотский экипаж.

22 (10) января 1900 г. приказом по Морскому ведомству он был назначен командующим отрядов судов в Средиземном море. В этот же год Алексей Алексеевич был награжден сразу пятью иностранными орденами: турецким орденом «Меджидие» 1-й степени, «Итальянской короны» большого креста, греческим «Спасителя» 1-й степени, черногорским «Князя Даниила» 1-й степени и турецким «Нишак Ифтикара» 1-й степени. 14 (1) апреля 1901 г. контр-адмиралу А. Бирилеву объявлена благодарность императора Николая II за отличное командование отдельным отрядом судов в Средиземном море; 6 мая (23 апреля) 1901 г. награждают двумя орденами: испанским большим креста за морские заслуги и французским Почетного Легиона большого офицерского креста. В 1901 г. А. Бирилеву пожаловали три иностранных ордена: сербский «Такова» 1-й степени, болгарский «За военные заслуги» и турецкий «Османие» 1-й степени.

19 (6) декабря 1901 г. А.А. Бирилев был произведен в вице-адмиралы. С этого дня для него начался новый этап службы. 19 (6) апреля 1903 г. циркуляром ГМШ его назначают председателем Комиссии по устройству кондукторской школы Морского ведомства и класса корабельных офицеров. Этим же числом ему пожалован орден Св. Владимира 2-й степени, а чуть ранее, 1 апреля (19 марта), приказом по Морскому ведомству его назначают командующим соединенными практическими отрядами обороны побережья Балтийского моря, членом конференции Николаевской морской академии и старшим флагманом Балтийского моря. В 1904 г. после убытия на Дальний Восток на театр военных действий вице-адмирала С.О. Макарова А.А. Бирилева 22 (9) февраля 1904 г. назначают главным командиром Кронштадтского порта и военным губернатором Кронштадта. 23 (10) мая 1904 г. (уже шла русско-японская война 1904–1905 гг.) вице-адмирала А. Би-

рилева назначают Главным командиром флота и портов и начальником морской обороны Балтийского моря с оставлением в должности военного губернатора Кронштадта. При этом на него была возложена задача по вооружению, подготовке и снабжению отправляемых на войну 2-й (вице-адмирал З.П. Рожественский) и 3-й (контр-адмирал Н.И. Небогатов) Тихоокеанских эскадр.

По приказанию генерал-адмирала Алексея Александровича он вступил в командование эскадрой. Сформированные наспех эскадры были снабжены и укомплектованы также наспех и случайно.

Тем не менее 10 октября (27 сентября) 1904 г. А.А. Бирилеву была объявлена высочайшая благодарность за отличное состояние судов 2-й эскадры флота Тихого океана, быстрое приготовление к плаванию и «бравый вид команд», а 19 (6) декабря 1904 г. пожалован орденом «Белого Орла».

В связи с болезнью З.П. Рожественского, а также в связи со сложной обстановкой на Дальневосточном морском театре 21 (8) мая 1905 г. А. Бирилева назначают командующим флотом Тихого океана и портов. Пока он добирался до Владивостока, Порт-Артур был сдан японцам, и Бирилев оказался «начальником» всего нескольких кораблей, оставшихся во Владивостоке.

После гибели 2-й Тихоокеанской эскадры в Цусимском бою 27–28 (14–15) мая 1905 г. Алексей Алексеевич возвращается в Петербург. Цусимская трагедия не только показала техническую отсталость русского флота, но и выявила основную причину его неудач – полное несоответствие организации Морского ведомства и системы управления флотом задачам строительства и боевой подготовки флота.

Во главе русского флота и Морского ведомства с 1856 г. стоял генерал-адмирал, которого назначал царь из членов императорской фамилии. Ближайшим помощником генерал-адмирала являлся управляющий Морским ведомством. Под давлением общественного мнения правительство еще до окончания русско-японской войны вынуждено было принять ряд мер по реорганизации управления флотом. Первыми шагами в этом направлении была отставка главы Морского ведомства, упразднение должности генерал-адмирала и замена ее должностью морского министра. С этого времени Морское ведомство переименовали в Морское министерство. Однако с дальнейшими переменами Николай II не спешил и назначал в руководство министерством людей малоспособных, но лично ему преданных. Таким был и морской министр вице-адмирал А.А. Бирилев, которого царь назначил указом

№620 от 12 июля (29 июня) 1905 г. после ухода в отставку «начальника всего флота и Морского ведомства» генерал-адмирала великого князя Алексея Александровича и его ближайшего помощника управляющего Морским ведомством адмирала Ф.К. Авелана. При назначении Алексей Алексеевич получил всемилостивейший рескрипт следующего содержания: *«Алексей Алексеевич! Целый ряд несчастных для нашего флота военных событий лишили его в настоящую войну возможности оказать нашей сухопутной армии ту поддержку, которая облегчила бы ее задачу и в значительной степени обеспечила бы ее успех. С семьями и близкими участников военных действий на море я глубоко, душевно скорблю о погибших верных своему долгу моряках, которые мужественно и самоотверженно пожертвовали собою, сражаясь за честь России, повинувшись моим велениям. Но вместе с тем нравственный долг перед Родиной обязывает всех чинов флота и Морского ведомства разобратся в наших ошибках и безотлагательно, с горячим рвением принять за работу над воссозданием тех морских сил, которые нужны России, и над воспитанием и подготовкой требуемого личного состава флота, проникнутого сознанием предъявляемых к нему требований военно-морского дела. В минувшем году при спешном вооружении 2-й и 3-й Тихоокеанских эскадр вы проявили на деле выдающуюся энергию, опытность и военное чутье и сумели выиграть во всех подвиги дисциплины вам чинах бодрость духа и сознание государственной важности выполняемой работы. Таковые заслуги ваши дают уверенность рассчитывать мне на вашу помощь мне в предстоящем трудном деле обновления флота... Возмутительные события* последнего времени в Черноморской флотской дивизии свидетельствуют о полном упадке воинской дисциплины в морских командах и о крайне небрежном отношении их прямых начальников к своему делу.*

В предстоящей вам работе я ставлю вам в первую очередь вашу обязанность заботу об укреплении воинского духа и дисциплины и правильном прохождении службы личного состава флота, для чего считаю полезным ввести существовавшую в прежнее время баллотировку офицеров при производстве в следующий чин.

В деле управления Морским министерством признаю необходимым укрепление центральных его органов и предоставление большей самостоятельности и ответственности главным команди-

* Имелось в виду восстание матросов на броненосце «Потемкин», поводом к которому послужил их отказ есть борщ с протухшим мясом. События хорошо известны по фильму С. Эйзенштейна «Броненосец «Потемкин».

рам Балтийского и Черноморского флотов и портов.

Я требую, чтобы было обращено внимание на важное воспитательное значение для гардемарин Морского кадетского корпуса заграничных плаваний для укрепления в них любви к морской службе.

Для удовлетворения все увеличивающейся потребности в людях специальных знаний, особенно механиках, в самостоятельных машинистах и в машинных командах, необходимо обеспечить флот надежным, механически подготовленным личным составом, воспитанным в воинской дисциплине в специальных учебных заведениях и школах Морского ведомства.

По части судостроительной считаю неотложным поставить наше военное судостроение в более отвечающие современным требованиям условия и поднять технический образовательный уровень корпуса корабельных инженеров.

Что касается выработки и выполнения будущей программы военного кораблестроения, то первейшей священной обязанностью Морского ведомства я ставлю безотлагательное выполнение морской обороны отечественных берегов во всех наших водах, а затем уже, в зависимости от средств, постепенное воссоздание боевых эскадр... Николай».

11 сентября (29 августа) 1905 г. А.А. Бирилеву был пожалован прусский орден «Красного Орла». 1 ноября (18 сентября) Алексею Алексеевичу был вручен следующий рескрипт: *«Алексей Алексеевич! ...Гибель многих лучших офицеров нашего флота в войне с Японией, потеря большей части наших боевых судов и долгий промежуток времени, необходимый для воссоздания морской силы, отвечающей достоинству и потребностям России, ставит осуществление намеченной мною цели в самые трудные условия. Эти трудности вызывают поэтому неотложность коренных преобразований в порядке прохождения службы офицерских чинов флота и мер, исключительных для приведения численного состава их в соответствие с боевыми потребностями. В видах сего повелеваю вам: 1) пересмотреть безотлагательно положение о морском цензе и внести в законодательном порядке проект нового закона о прохождении службы офицерских чинов; 2) обратить пристальное внимание на более строгую качественную служебную оценку их при назначении на строевые должности. Те офицеры, которые, несмотря на свою продолжительную и полезную службу в прошлом, останутся за излишком без назначений – естественно не будут уже отвечать по своему возрасту и силам, более сложным требованиям службы на судах обновленного и технически усовершен-*

шенствованного флота. Посему, признавая необходимость увольнения таковых от службы до достижения ими предельного возраста, дабы не задерживать во вред делу движения по службе молодых офицеров, я в то же время желаю, чтобы увольнение их не было связано с существенными материальными для них потерями, для чего признаю за благо повелеть вам выработать и представить в установленном порядке в самом непродолжительном времени, на мое утверждение, временные льготные правила назначения пенсий тем из офицеров флота, которые будут уволены на указанных основаниях в течение ближайших пяти лет. Пребываю к вам неизменно благосклонный. Николай».

Теперь от А. Бирилева требовались принятие энергичных мер по воссозданию морских сил, реорганизация центральных управлений ведомства и выработка новой программы кораблестроения. Намеченные реформы не были подчинены единой идее, не имели определенного плана выполнения и носили лишь частный характер. Поставленная задача организовать оборону наших берегов, не создавая линейного флота, постройка которого откладывалась на неопределенное время, была по существу неверна и только замедлила возрождение морской мощи России.

В целях воссоздания флота А.А. Бирилев как морской министр в сентябре 1905 г. обратился к Совету государственной обороны с просьбой разрешить приступить к разработке кораблестроительной программы. Совет предложил до выяснения роли и места будущего Российского флота в обороне страны воздержаться от конкретных шагов, сославшись при этом на указания царя от 12 июля (29 июня) 1905 г.

Вот как вспоминал адмирал И.К. Григорович о том периоде: «В апреле 1906 г. вице-адмирал А.А. Бирилев создал под своим председательством постоянно действующий орган – Особое совещание, в которое вошло более 20 членов из числа видных адмиралов, начальников центральных управлений и отделов Морского министерства, командиров кораблей и офицеров – специалистов по кораблестроению, вооружению и механизмам. Перед Совещанием ставилась задача выработать на основании имеющихся сведений задания на постройку линейных кораблей дредноутного типа и программу создания флота. «Комиссия Бирилева», как называл Совещание А.Н. Крылов, проработала около года.

Открывая первое заседание Совещания, вице-адмирал А.А. Бирилев отметил, что в стране нет четкой программы развития вооруженных сил, поэтому при определении количества и типов ко-

раблей, которые необходимо построить, придется исходить из собственных соображений...

Основным типом боевого корабля Совещание признало броненосец большого водоизмещения со скоростью 20 уз и увеличенным числом орудий «самого крупного калибра». При этом броненосец должен иметь малую заметность и большой район плавания.

Совещание также подробно рассмотрело достоинства и недостатки турбинных двигателей, уже применявшихся в других флотах, и высказалось в их пользу...

На последующих заседаниях 12 мая (29 апреля) и 22 (9) мая 1906 г. обсуждались вопросы бронирования и вспомогательной артиллерии.

Результатом работы Особого совещания было задание для Морского технического комитета (МТК) на разработку проекта броненосца водоизмещением 19 000–20 000 т с турбинными двигателями, окончательный вариант которого был принят на заседании 8 июня (26 мая) 1906 г.

Это первое оперативно-тактическое задание под руководством А. Бирилева как первого морского министра».

16 (3) ноября 1905 г. А.А. Бирилев по высочайшему соизволению был назначен членом Государственного Совета, 24 (11) января 1907 г. ему присвоили звание адмирала. Этим же приказом он согласно собственному прошению был уволен от должности морского министра с оставлением членом Государственного Совета.

Вот что пишет в своих мемуарах С.Ю. Витте: «Через несколько месяцев вдруг я узнаю, что Бирилев уходит; я поехал к нему, и он мне рассказал следующее: «На днях получил проект, крайне неразработанный, преобразования всего ведомства, с приглашением на следующий день приехать в Царское Село для обсуждения этого проекта. Суть проекта заключалась в подразделении министерства на две самостоятельные части: собственно на морское министерство и генеральный штаб. Независимо от этого учреждаются три начальника флотов Дальневосточного, Балтийского и Черноморского, которые все непосредственно подчинены только Государю, в сущности при посредстве его военно-походной канцелярии, начальником которой был флигель-адъютант (ныне – адмирал свиты) граф Гейден, порядочный человек, но пороха не выдумавший. Таким образом, вместо одного хозяина в морском ведомстве являлись пять хозяев (министр, начальник штаба и три начальника флотов), которыми по проекту всеми должен был руководить Его Величество...»

Генерал-адъютант Дубасов высказался против рассматриваемого проекта

со свойственной этому честному деятелю прямоотой и определенностью. Генерал-адъютант Алексеев, конечно, высказался уклончиво. Защищал проект только Гейден.

«Государь проект в заседании не подписал, как имел намерение в начале заседания, а закрыв заседание, сказал, что он примет соответствующее решение».

Когда государь прощался с Бирилевым, тот попросил разрешить ему последовать за его величеством в кабинет. Оставшись наедине, он напомнил о своем желании, которое высказал при принятии поста морского министра, сказать ему откровенно, как только он потеряет доверие.

«Я к вам доверия не потерял», – ответил государь. Однако дальнейшая жизнь А.А. Бирилева лишь косвенно, как члена Госсовета, касалась вопросов отечественного флота.

У А.А. Бирилева было трое детей: сын Николай (14 (2) декабря 1875 г.); дочери Варвара (21 декабря (по стар. ст.) 1877 г.) и Маргарита (15 (3) февраля 1879 г.). Вся семья православного вероисповедания.

Скончался А. А. Бирилев в Петрограде 19 (6) февраля 1915 г. Похоронен на Никольском кладбище Александро-Невской лавры.

Из воспоминаний современников об А.А. Бирилеве:

«Типичный русак, но живого, горячего темперамента, смотрел на все вопросы с чрезвычайной простотой и прямолинейностью. Патриот до глубины души и, конечно, определённо правый, но... выпустив все пары... на своём мнении не настаивал». В.И. Гурко.

«Имея в виду деловые качества Бирилева, конечно, трудно было предположить, что под его руководством могла быть разработана судостроительная программа, хотя бы в какой-то степени отвечающая требованиям времени». И.К. Григорович.

За время управления А.А. Бирилевым Морским министерством были сделаны попытки омоложения командного состава флота (рескрипт от 1 октября (18 сентября) 1905 г.), увеличена продолжительность плавания, организована постоянная служба и жизнь на судах флота круглый год, восстановлено звание корабельных гардемарин с возобновлением для них заграничных плаваний (рескрипт от 7 мая (24 апреля) 1906 г.), сокращен срок службы нижних чинов до пяти лет и т.п. Эти полезные начинания нивелировались отчасти событиями 1905–1907 гг., главным же образом потребностью не в частных изменениях, а в общей коренной реформе Морского министерства. ■

Большой канал в версальском парке, шедевр архитектора Андре ле Нотра – одна из главных составляющих всего паркового ансамбля. При длине более 1,5 км и ширине 62 м он до сих пор впечатляет посетителей своими масш-

ВЕРСАЛЬСКАЯ ФЛОТИЛИЯ

Ю.А. Филимонова, аспирантка ГАИЖСА им. И.Е.Репина,
контакт. тел. +7 921 982 4277



Адам Перель. *Бассейн Аполлона в Версале*

табами. Трудно даже представить, каким он казался современникам, поскольку при его постройке были использованы последние технические решения в мире ландшафтного инженерного искусства. Большой канал стал излюбленным местом королевских увеселений, благодатной темой для художников и предметом зависти для других монархов. Большой канал был не столько капризом расточительного короля, сколько своеобразным символом развития французского флота в XVII в. Не последнюю роль в его появлении сыграл первый советник Людовика XIV по финансовым вопросам Жан-Батист Кольбер, который уделял исключительное внимание судостроительному делу. Франция с ее непомерными амбициями в то время претендовала на мировое лидерство, но в эпоху активной колониальной деятельности достичь подобной цели без внушительного флота было невысказано. Признанный гений в своей области, Кольбер сумел за небольшой период создать флот, способный конкурировать с флотами ведущих европейских держав. Он реорганизовал порты, открыл морские образовательные учреждения. Именно благодаря Кольберу родилась французская морская гвардия – гардемарини. Невозможно не оценить заслуги Жана-Батиста Кольбера в области судостроения, но и создание Большого канала, а также миниатюрной версальской флотилии можно также назвать его детищами.

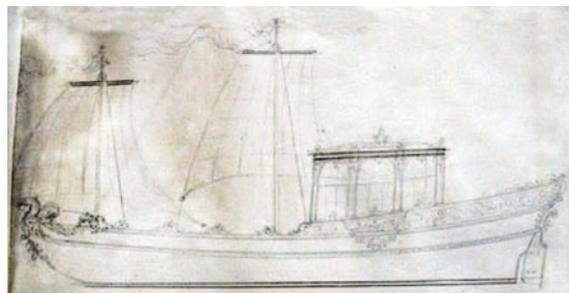
Эта флотилия, ставшая предметом особой гордости Людовика XIV, включала не только парусные суда, гребные шлюпки, гондолы и баржи, но также уменьшенные копии торговых и военных кораблей, фрегаты, бригантины. Суда походили на плавающие дворцы, богато украшенные резьбой, золотом, а их интерьеры – шелком, бархатом и парчой. Интерьеры этих кораблей и лодок не уступали их внешнему виду: изящная мебель, живопись, ювелирная отделка располагали к приятному времяпрепровождению. Миниатюрная флотилия была уменьшенной копией французского флота. Зная любовь Людовика XIV к столь шикарным игрушкам, Кольбер таким образом привлекал внимание государя к судостроительной отрасли. Кроме того, эта флотилия не только демонстрировала блеск и величие короля, она также являлась своеобразной опытной мастерской кораблестроительного дела. Большой канал стал экспериментальной площадкой для внедрения новинок в судостроение.

Кольбер внимательно следил за всеми работами, которые вели на Большом канале. Для этих целей было мобилизовано

большое количество обслуживающего персонала, заботящегося о правильном функционировании флотилии. Все корабли строили лучшие плотники, скульпторы, золотильщики. Суда заказывали в портах Франции, после чего в демонтированном виде их доставляли внутренними водными путями в Версаль, где повторно собирали согласно четкой инструкции. Штат, обслуживающий флотилию, был весьма внушительным. В 1685–1688 гг. на Версаль были потрачены астрономические суммы, львиную долю которых составила новая парадная форма для моряков этого флота, готового к параду и к королевской прогулке по воде. Маленькая Венеция – так стали называть часть Большого канала, где располагался персонал, обслуживающий флотилию, поскольку здесь поселились венецианские мастера и гондольеры.

Большой канал и флотилия Версаля стали неотъемлемой частью жизни Двора. Вскоре состоятельные дворяне вслед за своим королем начали строить корабли для собственного употребления. Все, что придумывал Людовик XIV, становилось модным. Придворные щеголяли друг перед другом роскошью оформления своих миниатюрных кораблей, лодок и гондол.

Известна шлюпка маркиза Сенеле. Она была снабжена парусами и беседкой. Расшитые золотом алые шторы, прикрепленные к стойкам беседки, делали это небольшое судно настоящим произведением искусства.



Филипп Каффьери. *Лодка для монсеньора маркиза Сенеле*

Во флотилию входили также суда и лодки, характерные для различных стран и регионов, например, *пиот* – маленькая легкая лодка, родственная гондолам, *бискайская шлюпка* – вид длинной лодки с берегов Бискайского залива. Особой популярностью при Дворе пользовались гондолы (их насчитывалось примерно 14), превосходившие друг друга в пышности и красоте. Самые первые гондолы были подарены Людовику XIV венецианским правительством, остальные строили в Версале.



Антонио Каналетто. *«Прием французского посла в Венеции», 1725 г.*

В Версале позднее будет построена и так называемая большая гондола (в год, когда Людовик XIV официально объявил Версаль своей резиденцией).



Андре ле Потр. Гондола для флотилии Версаля, гравюра

В 1669 г. после завоевания Францией Франш-Конте в Гавре будут построены миниатюрные бригантина и галиот с размещенными на них крошечными орудиями.

Благодаря Кольберу в Версале появилась и копия королевской галеры: «И что более, чем галера, могло символизировать королевскую власть». Копия была меньше половины своего оригинала и декорирована Филиппом Каффьери. Спущенная на воду в год отмены Нантского эдикта (1685 г.) галера из-за плохой управляемости почти не плавала, ее присутствие было больше символическим. В этот период галеры уже потеряли свое значение в боевых действиях, уступив место линейным кораблям (линкорам). К началу XVIII в. галеры используются главным образом для поездок короля и королевской семьи.



Корма королевской галеры, XVII в., гуашь. (Paris, departement des Estampes et de la photographie)

Благодаря сохранившемуся рисунку кормы этой галеры, можно представить себе всю красоту судна: об этом говорят красочное оформление кормы, декор палатки и носовых павильонов.



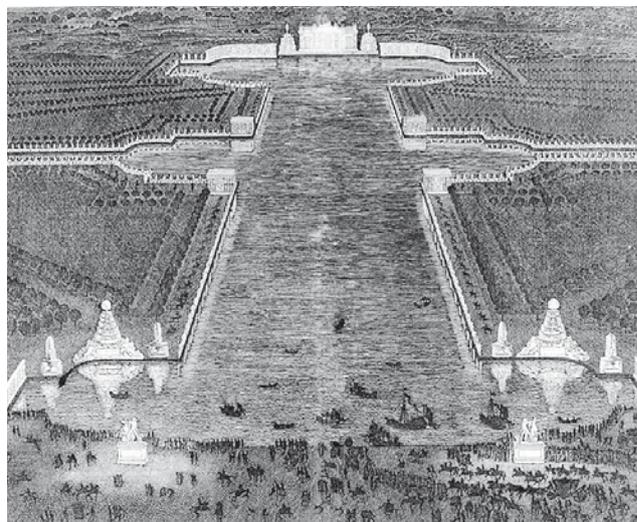
Королевская галера, XVII в., гуашь. (Paris, departement des Estampes et de la photographie)

Значительным этапом в формировании флотилии стала постройка корабля Версаля (*Vaisseau de Versailles*). Построенный в Гавре и торжественно спущенный на воду в 1685 г., корабль был снабжен батареей из 13 орудий, а его интерьеры украшены по рисункам Каффьери.



Филипп Каффьери. Корабль Версаля

Флотилия, участвующая во многих увеселительных мероприятиях, как правило сопровождавшихся фейерверками, которые проводились в Версале, производила должное впечатление.



Жан де Потр. Иллюминация Большого канала, 1676 г., гравюра

ЛИТЕРАТУРА

1. Soullard Eric. Les eaux de Versailles sous Louis XIV // Hypotheses, 1997, 1, p.105–112. www.cairn.info/revue-hypotheses-1997-1-page-105.htm
2. Clement P. Lettres, instructions et memoires de Colbert, Paris, 1861–1888. ■

3 февраля 2012 г. в Екатерининском зале Государственного музея-заповедника «Царское Село» г. Пушкина прошла 37-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания. Ассамблея была посвящена 102-й годовщине СПб МС и 17-й годовщине его воссоздания.

На входе в Екатерининский зал дворца прибывающих встречали председатель СПб МС Н.В. Орлов директор ГМЗ Царское Село» О.В. Таратынова. Торжественность события подчеркивала игра прекрасного духового оркестра дворца.

37-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*С.П. Сирый, проф., капитан 1 ранга в отставке,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
историограф и председатель секции истории Российского флота СПб МС,
заслуженный работник высшей школы России,
контакт. тел. (812) 431 9423*



Ассамблея началась концертом, в котором приняли участие солисты Мариинского театра Карина Чепурнова, заслуженный артист России Евгений Акимов и артистка Екатерина Сергеева, которым аккомпанировала пианистка Елена Буланова.

Торжественная часть ассамблеи, которую открыл председатель СПб МС Н.В. Орлов, началась вносом юбилейного знаменного флага и исполнением гимна СПб МС.

Духовник Собрания настоятель Морского Никольского Богоявленского собора протоиерей Богдан Сойко благословил работу ассамблеи.



В докладе Н.В. Орлов отметил, что в 2011 г. МС провело большую работу. Были восстановлены алтарь на крейсере

«Аврора», надгробный памятник первому капитану первого в мире атомного ледокола «Ленин» П.А. Пономареву в



Петербурге. Учреждена литературная премия СПб МС. Ведется работа по восстановлению «МО-215» в музее Великой Отечественной войне «Дорога жизни».

В Доме ученых состоялась межвузовская конференция, посвященная 310-летию военно-морского и светского образования России; презентация монографии «За погружением – всплытие», посвященной подводникам Кронштадтского соединения подводных лодок; прошел «круглый стол» на тему «Роль Красной Армии и Победа во Второй мировой войне», проведены военно-исторические чтения на тему «Прутский поход Петра I в русско-турецкой войне 1711–1713 гг.».

СПб МС совместно с РПЦ провело церковно-историческую конференцию на тему «250 лет Морскому Никольскому Богоявленскому собору» и чтения на тему «Война 1812 года – первая Отечественная народная война. Действия партизан и народных ополчений в этой войне». Также состоялись чтения на тему «Тильзитский мир и его роль в отношениях России и Франции перед Отечественной войной 1812–1815 гг.», «круглый стол» на тему «Тильзитский мир и военно-политическая ситуация в Европе в преддверии похода Наполеона Бонапарта на восток» и уже в январе 2012 г. прошли чтения на тему «Бородинское сражение. Начало изгнания французов с территории Российской империи».

Санкт-Петербургское Морское Собрание по-прежнему активно принимает участие во всех мероприятиях города, проводимых по морской тематике, работает с флотами и отдельными воинскими частями ВМФ, оказывая им посильную помощь. Так, была оказана помощь Кронштадтскому кадетскому корпусу; «Морской газете»; Центральному военно-морскому архиву в г. Гатчина; Морскому корпусу Петра Великого–Санкт-Петербургскому военно-морскому институту. За прошедший год выплачены стипендии лучшим курсантам морских и военно-морских учебных заведений.

Затем почетный председатель СПб МС главком ВМФ РФ адмирал В.С. Высоцкий поздравил участников ассамблеи с началом ее работы.



Участникам ассамблеи были представлены новые почетные члены СПб МС – командующие оперативно-стратегическим объединением «Запад» генерал-полковник А.В. Бахин и Черноморским флотом контр-адмирал А.Н. Федотенков.



А.В. Бахин и Н.В. Орлов

Далее первым заместителем председателя СПб МС адмиралом В.П. Ивановым были зачитаны два приказа от 3 февраля 2011 г. «О награждении золотыми знаками и орденами и медалями СПб МС». В соответствии с ними за активное участие в решении целей и задач МС, честное и добросовестное исполнение своих служебных и производственных задач были награждены золотыми нагрудными знаками «**За 15 лет безупречной службы**»: старшина СПб МС д-р техн. наук, проф., Герой России В.Л. Александров, действительный член СПб МС генерал-лейтенант налоговой службы А.А. Нефедов, старшина СПб МС д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Кормилицын, старшина СПб МС председатель ассоциации «Безопасность» А.И. Штепа, историограф СПб МС заслуженный работник высшей школы России, проф., капитан 1 ранга С.П. Сирый;

«**За 10 лет безупречной службы**»: действительный член СПб МС губернатор Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко, почетный член СПб МС депутат Государственной Думы адмирал В.П. Комоедов, почетный член СПб МС президент Российского союза строителей В.А. Яковлев, действительный член СПб МС коммерческий директор ЗАО «Канонерский судостроительный завод» А.А. Шнуренко, действительный член СПб МС советник председателя Счетной палаты России В.И. Розов;

орденом «**За заслуги 1-й степени**» награждены: действительный член СПб МС губернатор Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко, почетный член СПб МС президент Санкт-Петербургского Государственного университета

Л.А. Вербицкая, действительный член СПб МС В.В. Венков, почетный член СПб МС генеральный директор ГМЗ «Царское Село» О.В. Таратынова;

орденом «**За трудовую доблесть 1-й степени**»: почетный член СПб МС президент Российского союза строителей В.А. Яковлев, член СПб МС Ю.М. Пав-



В.А. Яковлев и Н.В. Орлов

лов, старшина СПб МС Ю.Х. Лукманов, действительный член СПб МС генеральный конструктор СПМБМ «Малахит» Герой России Ю.М. Коновалов;

орденом «**За заслуги в морской деятельности 1-й степени**» почетный член СПб МС адмирал Ю.Н. Сысуев;



В первом ряду слева направо: В.И. Королёв, А.Н. Федотенков, В.А. Попов, В.А. Яковлев, В.С. Высоцкий, А.В. Бахин, В.В. Чирков, Н.В. Орлов, В.П. Комоедов, Б.Е. Богданов, А.Ф. Савкин, В.В. Мартыненко

орденом «**За заслуги 2-й степени**»: действительный член СПб МС директор ЭМРКОМ вице-адмирал О.Е. Белавенец, заместитель Александров-Невской лавры епископ Выборгский Назарий (Лавриненко), почетный член СПб МС генерал-лейтенант налоговой службы А.А. Нефедов, Л.А. Беляев;

орденом «**За воинскую доблесть 2-й степени**»: почетный член СПб МС

генерал армии В.С. Бобрышев, действительный член СПб МС д-р техн. наук профессор капитан 1 ранга Б.И. Марченко;

орденом «**За заслуги в морской деятельности 2-й степени**»: действительный член СПб МС Г.А. Фокин, почетный старшина СПб МС контр-адмирал Б.Е. Богданов, действительный член СПб МС генеральный директор ЗАО «Транзас» Е.В. Комраков, действительный член СПб МС капитан морского порта Санкт-Петербурга П.П. Парин, почетный член СПб МС вице-адмирал И.В. Кудряшов, председатель филиала СПб МС в Севастополе д-р техн. наук проф. В.П. Кот;

орденом «**За трудовую доблесть 2-й степени**»: почетный старшина СПб МС Ю.В. Бельшев, действительный член СПб МС генеральный директор ОАО «Концерн «Гранит-электрон» Г.А. Коржавин, действительный член СПб МС Г.В. Штадлер, М.В. Дёмочка, действительный член СПб МС капитан 1 ранга С.П. Коваленко;

орденом «**За заслуги в морской деятельности 3-й степени**»: действительный член СПб МС председатель Совета межрегионального профсоюза негосударственных предприятий безопасности «Законность и правопорядок» подполковник медицинской службы Ю.Н. Курганский, действительный член СПб МС капитан 1 ранга Ю.С. Москаленко; золотой медалью «**Петр I**»: А.А. Храмов, член СПб МС А.Л. Гайдук.

Председатель СПб МС Н.В. Орлов поздравил награжденных, пожелал всем крепкого здоровья, счастья, благополучия и успешной работы и службы на благо Российского государства

После награждения все участники ассамблеи были приглашены на праздничный ужин, который завершился красочным фейерверком и гулянием в парке дворца. ■

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. 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 500 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.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе. 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 621.039.5336:621.431 **Ключевые слова:** военное-техническое сотрудничество, Индия, фрегат, постройка, ОАО «Северное ПКБ»
- В.И. Спиридопуло. Военно-техническое сотрудничество ОАО «Северное ПКБ» с Республикой Индия // Морской вестник. 2012. №1. С. 8**
- Освещены основные этапы сотрудничества ОАО «Северное ПКБ» с ВМС Индии при проектировании кораблей класса «фрегат». Особое внимание уделено ТТХ этих кораблей, срокам их постройки. Также обозначены возможные направления военно-технического сотрудничества с другими странами, в том числе по модернизации вооружения и военной техники в интересах заказчика. Табл. 3. Ил. 7.
- УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** СФ «Алмаз», пограничный сторожевой корабль, патрульное судно ледового класса, малый артиллерийский корабль, постройка
- ОАО «СФ «Алмаз»: стабильность и надежность. Итоги 2011 года // Морской вестник. 2012. №1. С. 13**
- Знакомит с итогами работы «Судостроительной фирмы «Алмаз» в 2011 г. Приведены основные характеристики сданных заказчику пограничного сторожевого корабля «Бриллиант», малого артиллерийского «Волгодонск», патрульного судна ледового класса. Ил. 3.
- УДК 621.643.415 **Ключевые слова:** стальная труба, задача концов, метод пластического деформирования.
- А.А. Веселов. Определение размеров концов труб после раздачи методом пластического деформирования // Морской вестник. 2012. №1. С. 15**
- Изложены операции цилиндрическо-конической раздачи концов стальных труб методом пластического деформирования. Определены основные геометрические размеры труб при использовании пуансонов, являющихся рабочим инструментом горизонтальных гидравлических прессов. Ил. 2. Библиогр. 4.
- УДК 629.12:628.517 **Ключевые слова:** морские суда, трубопроводная система, резонатор Гельмгольца, гидродинамический шум.
- С.В. Горин, М.В. Кушлин. Особенности применения резонаторов Гельмгольца в трубопроводных системах морских судов // Морской вестник. 2012. №1. С. 18**
- Предоставлены результаты теоретических и экспериментальных исследований особенностей использования резонаторов Гельмгольца для снижения гидродинамического шума в трубопроводных системах морских судов. Даны рекомендации по эффективному использованию резонаторов на судах. Ил. 4. Библиогр. 3.
- УДК 681.587.72 **Ключевые слова:** электромеханический привод, CAN-интерфейс, бесконтактный моментный электродвигатель.
- С.П. Андрущук, О.Е. Лоцицкий О.Е., А.В. Моря, В.А. Гудев. Мехатронный электропривод системы управления главной энергетической установки // Морской вестник. 2012. №1. С. 21**
- Дается описание конструкции, структурной схемы, системы команд, снятых переходных характеристик электромеханического привода, предназначенного для использования в составе исполнительных механизмов корабельных систем управления главных энергетических установок. Табл. 1. Ил. 9.
- УДК 620.179.13(035) **Ключевые слова:** электрооборудование, диагностика, тепловизоры.
- А.А.Равин. К вопросу о выборе тепловизора для диагностирования судового электрооборудования // Морской вестник. 2012. №1. С. 24**
- Охарактеризованы тепловизоры различного назначения и разрешения, обозначены их преимущества и области их применения. Даны рекомендации по выбору аппаратуры для тепловизионного обследования судового электрооборудования. Табл. 4. Ил.13. Библиогр. 9.
- УДК 681.154 **Ключевые слова:** широко-импульсный преобразователь, система электропитания, выходные фильтры, параметры.
- Б.Ф. Дмитриев, А.М. Лихоманов. Взаимосвязанный широко-импульсный преобразователь в составе автономной системы электропитания // Морской вестник. 2012. №1. С. 28**
- Проанализирована процедура синтеза взаимосвязанного широко-импульсного преобразователя в составе автономной системы электропитания и работе на линейно-индуктивную нагрузку. Выполнен синтез сглаживающего фильтра этого преобразователя на основе частотного подхода к решению обратных задач динамики при изменении нагрузки в широких пределах. Приведены структуры и расчет параметров Г- и Т-образных выходных фильтров при формировании требуемой траектории выходного тока. Табл. 2. Ил. 4. Библиогр. 3.
- УДК 621.378.8.029.74 **Ключевые слова:** релейная защита, микропроцессорные устройства, применение.
- М.П. Тихомиров, С.С. Стародед. Особенности применения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в распределительных устройствах систем электродвижения судов // Морской вестник. 2012. №1. С. 32**
- Рассмотрены функции и особенности применения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (МП РЗА) в распределительных устройствах систем электродвижения судов. Особое внимание уделено техническим решениям повышения точности измерения токов в современных устройствах МП РЗА. Табл. 1. Ил. 1.
- УДК 621.311.25:621.039(26): 502/504 **Ключевые слова:** плавающая атомная теплоэлектростанция, радиационное воздействие плавающих атомных теплоэлектростанций.
- М.С. Хвостова. История создания, перспективы строительства и обеспечение безопасности плавающих атомных теплоэлектростанций // Морской вестник. 2012. №1. С. 33**
- Освещена история создания проекта плавающих атомных теплоэлектростанций. Даны прогнозные оценки радиационного воздействия плавающих атомных теплоэлектростанций в режиме нормальной эксплуатации и в условиях аварийного выброса. Обозначены перспективы строительства. Табл. 1. Библиогр. 10.
- УДК 629.5.051:523/827 **Ключевые слова:** неатомные ПЛ, боевое управление, интегрированная система, структура, функционирование.
- В.Н. Волобуев, А.Ф. Гаврилов, А.Б. Дымент, Н.М. Киваев, С.Е. Новосёлов. Структура и организация функционирования интегрированных систем боевого управления перспективных неатомных подводных лодок // Морской вестник. 2012. №1. С. 39**
- Знакомит с подходом к построению структуры интегрированных систем боевого управления перспективных неатомных ПЛ и организации их функционирования в ходе боевой деятельности на основе принципа реализации адаптивного ситуационного управления. Предложен вариант унифицированного пульта управления, позволяющего снизить массогабаритные характеристики системы и сократить количество обслуживающих операторов. Ил. 8. Библиогр. 5.
- УДК 623.9:002.513+621.396.6.002+621.375 **Ключевые слова:** радиолокационные средства, модернизация, подводные лодки, надводные корабли.
- Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подолёкин, В.П. Иванов. Состояние и стратегия развития корабельных радиолокационных средств // Морской вестник. 2012. №1. С. 43**
- Рассмотрены основные перспективные направления развития РЛС для малых и средних надводных кораблей типов «корвет» и «фрегат» и подводных лодок, имеющих многоцелевое назначение. Акцентировано внимание на необходимость создания управля-
- ющего вычислительного комплекса, определяющего логико-временную диаграмму работы каждого радиотехнического средства и обеспечивающую электромагнитную совместимость при параллельной работе всех корабельных систем, а также на создание интегрированных систем боевого управления. Ил. 4. Библиогр. 2.
- УДК 629.12.001:658.2:577.4 **Ключевые слова:** подводный аппарат «Консул», ЗАО «МНС», оборудование, проектирование, испытания.
- Россия возвращается в океан // Морской вестник. 2012. №1. С. 48**
- Интервью директора проектно-конструкторского департамента ЗАО «МНС» П. Федорова, которое он дал корреспонденту журнала «Морской вестник», и в котором он познакомил читателей с проектированием, оснащением и испытаниями обитаемого подводного аппарата «Консул». Ил. 2.
- УДК 621.314 **Ключевые слова:** навигационно-тактический комплекс «Тримс-22460», автоматизированная система обеспечения цифровой картографической информацией, системы внутрисудовой связи, радионавигационное оборудование, мониторинг ледовых нагрузок, технология «Дельта» и др. оборудование, разработка, создание.
- «Транзас» в 2011: разработки для ВПК – новые морские системы и электроника // Морской вестник. 2012. №1. С. 51**
- Представлены основные морские проекты компании «Транзас» в 2011 г.: бортовые корабельные навигационно-тактические комплексы и интегрированные системы управления кораблем, автоматизированные системы распространения и обеспечения электронными картами пользователей ВМФ, комплексные тренажеры корабля, его оборудования и систем различного назначения. Показаны способы визуализации обстановки благодаря развитию 3D-формата и внедрению уникальной технологии производства русловых изысканий, путевых работ, составления (коррекции) и распространения электронных навигационных карт внутренних водных путей. Разработан ряд современных конкурентоспособных систем и тренажеров комплексов для коммерческого рынка судов различного назначения и объектов газо- и нефтедобычи на шельфе. Приведены практические результаты выполнения федеральных целевых программ «Глобальные навигационные системы» и «Развитие гражданской морской техники». Ил. 9.
- УДК 629.553 **Ключевые слова:** пожарный извещатель, комплексный мониторинг охраняемых помещений, экспертная оценка свойств извещателей, пожароопасные факторы.
- А.В. Третьяков, В.А. Колесник, В.А. Солонько. Анализ номенклатуры и основных характеристик извещателей, входящих в состав систем контроля пожарной обстановки объектов ВМФ, как основы их информационного обеспечения // Морской вестник. 2012. №1. С. 57**
- Показано, каким образом своевременность включения в работу средств пожаротушения на кораблях зависит от свойств датчиков предпожарной и пожарной ситуации, которые проводят комплексный мониторинг охраняемых помещений. Проанализированы свойства извещателей, которые благодаря своим качествам и техническим показателям рекомендуются включать в состав измерительной системы для оценки пожаробезопасности корабля. Данный анализ базируется на схеме выбора пожароопасных факторов в корабельном отсеке. Табл. 4. Ил.1.
- УДК 557.3 **Ключевые слова:** поведение рыбы, гидрометеорологические явления
- И.А. Степанюк, Н.С. Фролова. Способность рыб предчувствовать опасные гидрометеорологические явления // Морской вестник. 2012. №1. С. 61**

Целью данной работы явилось изучение поведения карповых и сомовых рыб при вариациях индукции магнитного поля Земли, а также их реакций на прохождение атмосферных фронтов и циклонов. Выдвинуто предположение о том, что рыбы реагируют на специфические электромагнитные поля крайне низких частот, формирующиеся при таких явлениях. Экспериментально было определено, что у карповых и сомовых рыб наблюдаются противоположные реакции на геофизические процессы. Ил. 8. Библиогр. 8.

УДК 656.6.08

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения, риски экологических аварий и катастроф, аварийность при морской транспортировке грузов, системы обеспечения безопасности мореплавания, региональные системы управления движением судов, автоматические идентификационные системы, ГМС-СБ.

Ю.В. Румянцев, А.Н. Лукин. Пути развития систем обеспечения безопасности мореплавания в арктических водах России // Морской вестник. 2012. №1. С. 65

Выполнен анализ аварийности судов при морской транспортировке грузов. Предложено установить новые пути движения транспортных судов и судов обеспечения в районах добычи полезных ископаемых на шельфе Баренцева и Карского морей и создать региональную СУДС с использованием последних инновационных разработок в этой области, а также разработать требования к оснащению судов, плавающих в рассматриваемом регионе, аппаратурой ГМС-СБ, и унифицировать судовые сообщения в соответствии с международной практикой.

Эти меры должны привести к повышению безопасности мореплавания при возрастании интенсивности судоходства в рассматриваемом регионе. Ил. 4. Библиогр. 6.

УДК 629.12

Ключевые слова: суда смешанного река-море плавания, проектирование, форма корпуса, бульб, сопротивление движению, методы вычислительной гидромеханики, испытания в опытовом бассейне.

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, Б.Н. Станков, А.В. Печенюк. Оптимизация обводов судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» // Морской вестник. 2012. №1. С. 71

Изложены результаты оптимизации формы носовых обводов для судна класса «Волго-Дон макс» нового поколения (с коэффициентом общей полноты около 0,90 и кормой в форме «саней») в реальных условиях эксплуатации. Анализ выполнен методами вычислительной гидромеханики, результаты проверены модельными испытаниями. Показано, что в диапазоне скоростей 9–11 уз корпус с цилиндрическими носовыми обводами имеет лучшие показатели по критерию транспортной работы судна на единицу мощности; наибольшую скорость полного хода при заданной мощности обеспечивает корпус с бульбообразными носовыми обводами. Табл. 5. Ил. 19. Библиогр. 15.

УДК 629.563.2:624.042 **Ключевые слова:** закоренное плавучее сооружение, ледяное образование, взаимодействие, математическая модель.

К.Е. Сазонов, Н.Ю. Клементьева. Динамические свойства закоренных плавучих сооружений при взаимодействии с ледяными образованиями // Морской вестник. 2012. №1. С. 78

Показано, что использование расчетных методов для изучения динамических свойств закоренных объектов преждевременно. Наиболее полную информацию о поведении таких сложных объектов в ледовых условиях можно получить только в ходе модельного эксперимента в ледовом опытовом бассейне. Численные же методы могут быть эффективно использованы при анализе результатов модельного эксперимента и при внесении в них коррекции, связанной с необходимостью учета неизбежных отклонений физико-механических характеристик льда от заданных технических заданием с неполным соответствием жесткостных характеристик модельных связей натурным якорным системам удержания и т.п. Табл. 1. Ил. 5. Библиогр. 8.

УДК 004.89: 004.031.43 **Ключевые слова:** интеллектуальная система, динамика судна, контроль прочности и вибрации, датчик прогноза скорости.

А.П. Матлах, Ю.И. Нечаев, В.И. Поляков. Адаптивный прогноз динамики судов активного ледового плавания // Морской вестник. 2012. №1. С. 81

Обсуждаются проблемы создания бортовой интеллектуальной системы (ИС) контроля динамики судов ак-

тивного ледового плавания. Разработанная концепция предусматривает повышение эффективности контроля за счет синтеза методов оценки прочности с информационными технологиями, а также установки дополнительного датчика, обеспечивающего прогноз скорости судна. Реализация интегрированной ИС как многоуровневого программного комплекса осуществлена на основе концепции мягких вычислений. Табл. 1. Ил. 9. Библиогр. 21.

УДК 539.3:624.073 **Ключевые слова:** упругая устойчивость, критерии, форма равновесия, критическая нагрузка.

С. О. Барышников. Упругая устойчивость. Критерии устойчивости // Морской вестник. 2012. №1. С. 89

Рассмотрены различные критерии устойчивости и задача об устойчивости форм равновесия, которая сведена к определению собственных чисел и собственных векторов линейной краевой задачи, описываемой дифференциальными уравнениями в вариациях, с соответствующими краевыми условиями. Показано, что решение задачи сводится к начальному решению l пар направляющих функций. Замечено, что во многих случаях получение точного решения задач о различных формах равновесия и устойчивости сопряжено с большими математическими трудностями, поэтому важное значение имеет разработка надежных приближенных методов, дающих решение, близкое к точному. Библиогр. 4.

УДК 532.517

Ключевые слова: поле осредненных скоростей, пульсация скорости, численное моделирование, модель турбулентности.

А.С. Воробьев. Исследование полей осредненных и пульсационных скоростей в ближнем следе тела вращения // Морской вестник. 2012. №1. С. 91

Изложены результаты численного и экспериментального моделирования обтекания тела вращения с закрепленными на нем крыльями различной формы. Составлены поля осредненных скоростей в плоскости расположения движителя, полученных в модельном эксперименте и с применением различных моделей турбулентности. Ил. 7. Библиогр. 9.

УДК 629.12.001.24 **Ключевые слова:** сложная система, оптимизация, многокритериальная оптимизация.

П.А. Шауб. Об одном подходе к поиску оптимального решения // Морской вестник. 2012. №1. С. 95

Речь идет об использовании одного из формальных методов при многокритериальной оптимизации сложных систем, который основан на принципе равенства. Принято, что все частные критерии в нормированном виде изменяются в пределах от 0 до 1 и что для всех критериев одинаково важно выполнение вышеуказанных условий. Приведен пример определения оптимального соотношения грузоподъемности и скорости судна. Библиогр. 5.

УДК 658.012:629.5 **Ключевые слова:** чартер, морские перевозки, договор, особенности

С.С. Павлов. Существенные условия договора морской перевозки грузов по чартеру // Морской вестник. 2012. №1. С. 97

Проанализированы условия договора морской перевозки грузов по чартеру, его особенности, а также проблемы, возникающие в связи с его применением.

УДК 65.011

Ключевые слова: инновационная технология управления, инновационный бизнес, реинжиниринг бизнес-процесса.

К.Ю. Крючков. Реинжиниринг бизнес-процессов как направление реструктуризации деятельности промышленного предприятия // Морской вестник. 2012. №1. С. 99

Показана практическая реализация системы бережливого производства для постоянного улучшения менеджмента промышленного предприятия. Определены эффективность и целесообразность использования новых технологий управления в промышленности. Табл. 1.

УДК 519.876.3

Ключевые слова: информационная модель, многокритериальный выбор, оценка эффективности, принятие решений, программно-целевое планирование, сетевой график, морская техника, целевая программа.

Третьяков П.К., Ханьчев В.В. Автоматизация процесса формирования календарного плана мероприятий при планировании целевых программ создания морской техники // Морской вестник. 2012. №1. С. 103

Целевая программа может выступать основным инструментом планирования и управления развитием

перспективной морской техники. Был смоделирован процесс формирования целевых программ создания морской техники и выявлены наиболее затратные по времени и трудовым ресурсам процессы, одним из которых является формирование календарного плана мероприятий при разработке этих программ. Исходными данными для решения данной задачи являются начальное и желаемое состояния системы, множество мероприятий с выделенными на них ресурсами и множество связей предприятий. Цель – разработка календарного плана, наиболее эффективного по критерию «эффективность-стоимость» при имеющихся ограничениях на ресурсы и связи предприятий. За критерий эффективности принята величина отклонения полученной функции финансирования от желаемой. Проведенные эксперименты и анализ проблемы показали, что одним из путей решения является разработка формализованной модели процесса и реализация алгоритма на основе одной из описательных концепций эвристических алгоритмов. Ил. 1. Библиогр. 12.

УДК 338.5:629.553 **Ключевые слова:** цена танкера, цена нефти, фрахтовая ставка.

С.В. Белозёров. Модель определения цены танкера с учетом маркетинговых факторов // Морской вестник. 2012. №1. С. 106

Выполнен анализ влияния факторов рынка на цену танкера. С помощью корреляционного анализа описана взаимосвязь цены нового танкера от цен нефти и фрахтовых ставок. Показано, что наибольшее влияние на цену нового судна имеют цена нефти и стоимость фрахта на трехлетний период. Предложена прогнозная модель изменения цены нового судна при различных вариантах изменения цены нефти и фрахтовой ставки. По результатам составлен перечень рекомендаций службам маркетинга судостроительных предприятий. Табл. 1. Ил. 5. Библиогр. 6.

УДК 727.95.90

Ключевые слова: диссертации на соискание доктора или кандидата технических наук, проблемы ВАК, Экспертный совет.

В.Н. Половинкин. Современное состояние и проблемы государственной аттестации научных и научно-педагогических работников судостроительной отрасли // Морской вестник. 2012. №1. С. 110

Знакомит с работой ВАК, Экспертных советов. Особое внимание уделено ошибкам при подготовке диссертаций, имеющих значимость для отечественного судостроения, выбору их тематики, оформлению, написанию, составлению авторефератов, а главное – мотивации соискателей.

УДК 629.5

Ключевые слова: Северная верфь, основание, эсминцы, тральщики.

ОАО СЗ «Северная верфь»: на пути к столетнему юбилею // Морской вестник. 2012. №1. С. 117

Настоящей статьёй «Северная верфь» начинает цикл публикаций, посвященных предстоящему юбилею завода – его столетию.

Знакомит с основанием верфи, развитием мощностей, постройкой на верфи кораблей: эсминцев, тральщиков, сторожевых. Особое внимание уделено работе завода в годы Великой Отечественной войны и участию в обороне Ленинграда. Ил. 5.

УДК 629.5

Ключевые слова: адмирал А.А. Бирлиев, биография.

С.П. Сирый. Пятнадцатый морской министр императорского флота России адмирал А.А. Бирлиев // Морской вестник. 2012. №1. С. 121

Рассказано о службе и деятельности адмирала А.А. Бирлева. Особое внимание уделено его вкладу в развитие императорского флота России на посту морского министра. Ил. 2.

УДК 629.5

Ключевые слова: Версаль, Людовик XIV, миниатюрная флотилия, Филипп Каффери, Большой канал, бригантина, галют, галера, Ж.-Б. Кольбер

Ю. А. Филимонова. Версальская флотилия // Морской вестник. 2012. №1. С. 125

Знакомит с миниатюрной флотилией, построенной в эпоху правления Людовика XIV для Версаля. Она состояла из уменьшенных копий кораблей французского флота XVII в., прогулочных шлюпок, гондол и разнообразных лодок, богато декорированных как внутри, так и снаружи. Они были выполнены лучшими мастерами того времени и представляли собой настоящие произведения искусства. Миниатюрная флотилия стала экспериментальной площадкой судостроителей того времени. Широко используемая в придворных увеселениях, она также символизировала расцвет французского судостроения. Ил. 8. Библиогр. 2.

V.I. Spiridopulo. Military-technical cooperation of the OJSC «Northern Design Bureau» with the Republic of India

Article highlights main stages of OJSC «Northern Design Bureau» co-operation with the Indian Navy in designing ships of «frigate» class. Particular attention is paid to the performance characteristics of these ships, and deadlines of building thereof. There are also indicated possible directions of military-technical cooperation with other countries, including the modernization of weapons and military hardware in customer's interests.

OJSC «SF «Almaz»: stability and reliability. 2011 Results

Article presents results of «shipbuilding company «Almaz» for the year of 2011. Main characteristics of handed over to the customer border patrol ship «Brilliant», small artillery ice-class patrol vessel «Volgodonsk» are given.

A.A. Veselov. Determination of pipe ends after the expansion by plastic deformation

All operations of cylindrical-conical expansion of steel pipe ends by plastic deformation are described. The main geometric dimensions of pipes using punches, which are a working tool of horizontal hydraulic presses, are determined.

S. V. Gorin, M.B. Kuklin. Features of using Helmholtz resonators in piping systems of marine ships

Results of theoretical and experimental studies of features of Helmholtz resonators used to reduce hydrodynamic noise in piping systems of marine ships are provided. The recommendations for effective use of these resonators on ships are given.

S.P. Andruschuk, O.E. Lozitsky, A.V. Morya, V.A. Gudev. Mechatronic electric actuator of main power plant control system

A description of design, block diagram, system of commands, transition characteristics of electromechanical actuator for use in actuators of control system of main ship power plants is given.

A.A. Ravin. On selection of thermal imager for diagnostics of ship's electrical equipment

Various purpose and resolution thermal imagers are characterized; advantages and applications thereof are specified. The recommendations on selection of equipment for thermal imaging survey of ship's electrical equipment are given.

B.F. Dmitriev, A.M. Likhomanov. The interconnected pulse-width converter in autonomous power system

The procedure for synthesis of interconnected PWM converter within an autonomous power supply system and operation under the linear-inductive load is analyzed. The synthesis of smoothing filter of this converter based on a frequency approach to solving inverse problems of dynamics with changing the load within wide limits is completed. Structures and calculation of the parameters of L- and T-shaped output filters in formation of the desired trajectory of the output current are given.

M.P. Tikhomirov, S.S. Staroded. Features of application of microprocessor relay protection and automation in switchgear of ships' electric propulsion systems

The topic covers functions and features of microprocessor relay protection and automatics (MP Relay Protection and Automatic Equipment) in the switchgear of ships' electric propulsion systems. Particular attention is paid to the technical solutions to improve the accuracy of measurement of currents in modern MP Relay Protection and Automatic Equipment.

M.S. Khvostova. History, perspectives of building and provision of safety of floating nuclear heat and power plants

The article tells the story of designing floating nuclear heat and power plants. It gives predictive estimates of radiation effect of floating nuclear heat and power plants during normal operation and in case of accidental release. The prospects of construction are identified.

V.N. Volobuev, A.F. Gavrilov, A.B. Dymant, N.M. Kivaev, S.E. Novoselov. Structure and organization of functioning of integrated tactical control systems of prospective non-nuclear submarines

The topic introduces an approach to construction of structure of integrated tactical control systems of non-nuclear submarines, and organization of their functioning in course of combat activities on the basis of implementation of adaptive situation control. An option of unified control console allowing for reducing the weight and size characteristics of system and decreasing the number of service operators is proposed.

G.A. Korzhavin, Y.F. Podoplekin, V.P. Ivanov. Status and Development Strategy for shipboard radars

The basic prospective directions of development of radar stations for small and medium surface ships of «Corvette» and «Frigate» type and multi-purpose submarines are discussed. The emphasize is the need for creating a supervisory computer control system which determines the logical and timing chart of each radio equipment operation and ensures EMC in parallel operation of all ship systems, as well as creation of integrated tactical control systems.

Russia is back to the ocean

Interview of Director of Design Department of CJSC «MNS» P.Fedorov with the correspondent of the journal «Naval Bulletin» and in which he introduced readers to the design, equipment and testing the manned submarine «Consul».

«Transas» in 2011: MIS projects – new marine systems and electronics

Topic introduces main marine projects of «Transas» company for 2011: on-board ship's navigation and tactical systems and integrated ship control systems, automated systems for distribution and providing NAVY users with electronic maps, complex simulators of ship, its equipment and systems for various applications.

Different ways of visualizing the situation through the development of 3D-format and implementation of unique technology of channel research, way works, drawing (proofing) and distribution of electronic navigational charts of inland waterways are given.

A number of modern competitive systems and training systems for commercial market of various designation ships and gas and oil offshore facilities are designed. The practical results of the federal target program «Global Navigation System» and «Development of Civilian Marine Engineering» are given.

A.V. Tretyakov, V.A. Kolesnik, V.A. Solonko. Analysis of the nomenclature and main characteristics of detectors included in fire situation control systems of Navy facilities as the basis of their information security

It is shown how the timeliness of starting operation of fire ships fighting equipment on ships depends on properties of pre-fire and fire situation sensors that perform comprehensive monitoring of protected areas. Analyzed are the properties of detectors which due to their qualities and technical performance are recommended to be included in measurement system to assess the fire safety of the ship. This analysis is based on scheme for choosing fire-hazardous factors in the ship's section.

I.A. Stepaniuk, N.S. Frolova. The ability of fish to anticipate dangerous hydrometeorological phenomena

The aim of this work was to study the behavior of carps and catfishes during variations in the magnetic field of Earth, and their reactions to the passage of atmospheric fronts and cyclones. It is suggested that fish reacts to specific electromagnetic fields of extremely low frequencies, which are formed at such phenomena. Experimentally it was determined that the carp and catfish show opposite reactions to the geophysical processes.

Y.V. Rumyantsev, A.N. Lukin. Ways of development of safety systems of navigation in Arctic waters of Russia

It is analyzed the accidentence of ships during sea carriage of goods. It is suggested to establish new paths for transport ships and supply vessels navigation in the areas of mining operations in Barents and Kara seas and to create a regional VTMS using the latest innovations in this field, and to develop requirements for equipping ships sailing in this region with GMDSS equipment, and to standardize ship reports in accordance with international practice.

These measures should lead to improved safety at sea with an increase in intensity of navigation in the region.

G.V. Egorov, V.I. Tonyuk, B.N. Stankov, A.V. Pechenyuk. Optimization of the shape of mixed navigation ships of «Volga-Don max» class

The topic provides results of optimizing the shape of bow lines for «Volga-Don max» class ships of new generation (with a block coefficient of about 0.90 and the stern in form of a «sled») in actual operating conditions. The analysis is performed by methods of computational hydraulic mechanics; the results were checked by model tests. It is shown at the velocity range of 9 to 11 knots the hull with a cylindrical bow lines has the best performance on criteria of transport operation of ship at unit of power, the largest full speed for a given power provides a hull with bulbous bow lines.

K.E. Sazonov, N.Y. Klementeva. Dynamic properties of anchored floating structures in contact with ice formations

It is shown that the use of computational methods for studying the dynamic properties of the anchored facilities is premature. The most complete information about the behavior of complex facilities in ice conditions can be obtained only in model experiment in the ice model basin. Numerical methods also can be effectively used in analyzing the results of model experiment, and in correction thereof associated with the need for unavoidable deviations of physical and mechanical properties of ice from the ones in technical task with an incomplete match of stiffness characteristics with model links of anchor systems, etc.

A.P. Matlakh, Y.I. Nechaev, V.I. Polyakov. Adaptive forecast of dynamics of active ice sailing ships

Topic discusses problems of creating on-board intelligent system (IS) for dynamics control of active ice sailing ships. The developed concept provides more effective control by synthesis methods for assessing the strength with information technology, as well as installation of additional sensor providing the forecast of ship speed. The implementation of an integrated IS as a multi-mode software system is implemented based on the concept of soft computing.

S.O. Baryshnikov. Elastic stability. Criteria for stability

Reviewed are various criteria for stability and problem of equilibrium forms stability which is reduced to the determination of eigenvalues and eigenvectors of the linear boundary problem described by differential equations in variations, with appropriate boundary conditions. It is shown that the solution is reduced to the initial solving of n pairs of guiding functions. It is noticed that in many cases obtaining an exact solution of problems on various forms of equilibrium and stability

involves great mathematical difficulties, so it is important to develop reliable approximate methods giving a solution close to accurate.

A.S. Vorobyev. Studying fields of averaged and fluctuation velocities in the near wake of a rotation body

The results of numerical and experimental modeling of flow around a rotation body with the wings of various forms attached thereto. Averaged velocity fields in the plane of propeller obtained in a model experiment using different turbulence models are compared.

PA. Schaub. On a single approach to finding optimal solutions

The topic tells about using one of the formal methods at multicriteria optimization of complex systems, which is based on the principle of equality. It is assumed that all particular criteria in normalized form can range from 0 to 1 and that for all criteria it is equally important an implementation of the above conditions. An example of determining the optimal ratio of load and speed of the vessel is given.

S.S. Pavlov. Material conditions of the contract for carriage of cargo by sea under marine charter

The conditions of the contract for carriage of goods by marine charter, its features, as well as problems arising from its use are analyzed.

K.Y. Kryuchkov. Reengineering of business processes as the direction of restructuring industrial enterprise activity

It is shown the practical implementation of lean manufacturing to continually improve the management of industrial enterprises. Determined is the effectiveness and appropriateness of use of new management technologies in the industry.

PK. Tretyakov, V.V. Hanychev. Automating the process of forming the schedule of activities in planning targeted programs on production of marine equipment

The target program can be a major tool for planning and managing the design of promising marine equipment. It was modeled the process of forming target programs for manufacture of marine equipment and most time and labor consuming processes one of which is making a schedule of activities for development of these programs were identified. The initial data for solving this problem are the initial and desired system state, a range of activities with allocation of resources, and many links of enterprises. The aim is to develop a schedule, the most effective by «cost-effectiveness» under existing constraints on resources and links of enterprises. For the performance criterion is adopted the value of deviation of received funding from the desired one. The experiments and analysis of the problem have shown that one solution is to develop a formalized process model and implementation of an algorithm based on one of the descriptive concepts of heuristic algorithms.

S.V. Belozerov. Model for determination of tanker price taking into account market factors

The influence of market factors on the price of the tanker is analyzed. With the help of correlation analysis described is dependence of price of a new tanker on oil prices and freight rates. It is shown that the greatest impact on price of new ship has the price of oil and freight cost for three years. It is proposed a predictive model of changes in price of a new ship under different variations in oil prices and freight rates. As a result the list of recommendations to marketing team of ship building enterprises is drawn.

V.N. Polovinkin. Current status and problems of state certification of scientific and pedagogical workers in shipbuilding industry

Topic introduces the work of Higher Attestation Committee, expert councils. Particular attention is paid to the errors in preparation of theses significant for domestic shipbuilding industry, the choice of their subject matter, drawing, writing, drafting abstracts, and most important, the motivation of applicants.

OJSC Shipyard «Northern shipyard»: on the way to the hundredth anniversary

With this article the «Northern Shipyard» begins a series of publications devoted to the upcoming anniversary of the yard, its hundredth anniversary.

The article tells about foundation of shipyard, the development of capacity, building ships at yard: destroyers, minesweepers, patrol. Particular attention is paid to the work of the plant during the Great Patriotic War and to participations in defense of Leningrad.

S.P. Siry. Fifteenth Naval Minister, Admiral of the Imperial Russian Navy, A.A. Birilev

The topic tells about the service and activities of Admiral, A.A. Birilev. Particular attention is paid to his contribution to the development of the Imperial Russian Navy on post of Secretary of the Navy.

YA. Filimonova. Versailles flotilla

The topic introduces a miniature flotilla built during the reign of Louis XIV for Versailles. It consisted of small copies of the French navy ships of XVII century, pleasure boats, gondolas and a variety of boats, richly decorated, both inside and outside. They were created by the best masters of that time and represent a true work of art. A miniature flotilla became experimental platform of shipbuilders of the time. Widely used in court entertainments it also symbolized the flourishing of French shipbuilding.