

Морской



Вестник

№2(46)

И Ю Н Ь

2 0 1 3

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
КАНОНЕРСКИЙ
СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД**



1883

**КАНОНЕРСКИЙ СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД
НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР
ПО СУДОРЕМОНТУ И МОДЕРНИЗАЦИИ СУДОВ**

2013

Морской Вестник



№2(46)

И Ю Н Ь

2 0 1 3

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

С.Н. Форафонов, вице-президент
ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

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

Члены совета:

С.О. Барышников, ректор ФГБОУ ВПО
«ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»
А.С. Бузаков, генеральный директор
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»
М.А. Иванов, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»
В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»
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"»
А.А. Копанев, генеральный директор
ОАО «НПФ "Меридиан"»
Г.А. Коржавин, генеральный директор
ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»
А.В. Кузнецов, генеральный директор ОАО «Армалит-1»
Л.Г. Кузнецов, генеральный директор
ОАО «Компрессор»
С.Б. Курсин, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»
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»
И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»
В.С. Татарский, генеральный директор ОАО «ЭРА»
А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»
Р.А. Урусов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»
А.В. Ушаков, генеральный директор
ОАО «СЗ "Северная верфь"»
Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн "МорФлот"»
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"»
И.В. Щербаков, генеральный директор
ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

*Открытое письмо министру промышленности и торговли Российской Федерации
А. В. Мантурову.....6*

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

Г. В. Егоров. Анализ путей условий в предполагаемых районах работы
круизного пассажирского судна «Волго-Балт макс» класса11
Н. М. Вихров, А. П. Нырко, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко. Стохастические
модели управления технологическими процессами судоремонта17
А. Г. Филимонов. Целесообразность внедрения системы формирования
помещений в рамках общей концепции оснащения судов и морских объектов23
Бай Хиалонг (Bai Xiaolong), А. Н. Суслов, И. В. Щербаков. Формирование
электронной базы знаний для проектирования и постройки судна25

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Н. И. Николаев, М. В. Гриценко, А. С. Жильцов. Анализ условий эксплуатации
пропульсивных комплексов с частично погруженными винтами28
А. В. Саушев. Оптимальная настройка судовых электротехнических
устройств31
В. Г. Мурамович, Д. В. Суслов. Энергоэффективность модификаторов
моторного топлива35
К. Г. Голубев. Энергетические установки кораблей с электродвижением38
И. С. Суховинский, В. Ю. Макаров, П. В. Наливкин. Внедрение установок
подготовки топлива и высокоэффективного теплообменного оборудования
в судовые системы39
М. П. Тихомиров, А. А. Неёлов, С. С. Стародед. Определение задач
мониторинга электрооборудования в судовых ЭДС средствами диагностики43
А. И. Домрачев, С. А. Ручин. Применение газового топлива в судовых
энергетических установках44
К 50-летию трудовой деятельности Н.В. Шаталова50
Ю. Ю. Залмина, В. Н. Череватенко. ОАО «Армалит-1» о концепции развития
производства трубопроводной арматуры51
Н. Я. Щербина. К оценке безопасности эксплуатации транспортных ядерных
энергетических установок55

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Г. А. Коржавин, Ю. Ф. Подоплёкин, О. Г. Мальцев. Системный анализ
корабельного интегрированного комплекса освещения надводной обстановки
по энтропийному показателю качества информации59
С. А. Бахарев, Г. П. Дремлюга, С. Е. Новиков, А. В. Рогожников.
Автоматический поиск и подъем маломерных судов прибрежного мореплавания,
а также автоматических регистраторов судов65
В. А. Цуварев, Ю. Г. Тварин. К вопросу о технологии представления
геопрограммируемой информации в системах корабельного вооружения70
В. В. Кобзев, Ю. А. Кузнецов, И. В. Телюк, Д. К. Шилов. Идентификация
ошибок оператора при обработке на тренажере73



ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

И. А. Моряков, Д. Б. Силин. Обеспечение безопасности особо важных морских объектов..... 77

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

Ю. А. Комаровский. Влияние погодных условий на сбои приёма дифференциальных поправок морских DGPS-станций 81

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

В. Н. Илюхин. Подводные технологии при спасании экипажей аварийных подводных лодок 85

И. А. Степанюк, Н. С. Фролова, А. В. Зимин. Связь между характеристиками штормгласса и электромагнитными возмущениями..... 91

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

М. М. Лукьянова, И. О. Ивановский. Опыт внедрения и функционирования Системы экологического менеджмента на «Северной верфи» 93

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

И. В. Кожемякин, К. В. Рождественский, В. А. Рыжов, А. В. Смольников, Е. И. Татаренко. Подводные глайдеры: вчера, сегодня, завтра. Часть 2 98

К. В. Рождественский, В. А. Рыжов. Оценка времени вертикального погружения тела, оснащенного механизмом изменения плавучести 101

А. Б. Ваганов, А. С. Костюнин. Исследование свойств маневренности судна при знакопеременных переключках рулей..... 107

А. В. Нанитухин. О дифракционных волнах напряжений в районе отверстий в балках и пластинах 111

Ю. Н. Дурнев. Планирование и мониторинг оптимального режима подогрева груза нефтепродуктов на танкерах 113

БИЗНЕС И ПРАВО

Д. В. Охримский, А. М. Тихоненко. Маркетинговая политика предприятия морского приборостроения в условиях современного рынка 117

А. И. Исмаилов, С. Б. Курсин, Н. А. Славина. Оценка стоимости нормо-часа в научно-исследовательской организации, работающей по коммерческим договорам и государственным контрактам (на примере ОАО «ГНИНГИ»)..... 119

И. В. Савельев. Кадры решают все..... 123

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Отчетно-выборное собрание Ассоциации судостроителей 125

МОРСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В. В. Барановский, А. Н. Кондратенко. Математическая модель оценки уровня профессиональной подготовленности личного состава 126

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Российское судостроение: аспекты национальной безопасности 129

Мифы и реальность гидробионики..... 129

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Международный военно-морской салон IMDS–2013, 3–7 июля 2013, Санкт-Петербург (1)

Двенадцатая международная выставка и конференция NEVA–2013, 24–27 сентября 2013, Санкт-Петербург (9)

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

А.Ю.Пылаев

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, проф.

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д.Пряхин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф.Тарасюк, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, 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 2006–2012 гг.

размещены на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.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 № 1156.

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

Морской Вестник



№2(46)
j u n e
2 0 1 3

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairmen

S.N. Forafonov, Vice-President
JSC United Shipbuilding Corporation

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

A.S. Buzakov, General Director
JSC Admiralty Shipyards

G.V. Egorov, General Director
JSC Marine Engineering Bureau SPb

G.D. Filimonov, General Director
JSC Concern Mor Flot

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director
JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

L.M. Klyachko, General Director
JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman
of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director
JSC R.E.T. Kronshtadt

E.A. Konov, Director,
JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director,
JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director,
JSC Concern Granit-Elektron

S.B. Kursin, General Director JSC SRNHI

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

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman
St. Petersburg Marine Assembly

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director
JSC DB «Vympel»

K.Yu. Shilov, General Director
JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director –
General Designer JSC ZMKB Almaz

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

V.I. Spiridopulo, General Director
JSC Severnoye Design Bureau

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

D.V. Suslov, Director JSC CRISM

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director
JSC Transtech Neva Exhibitions

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

A.V. Ushakov, General Director
JSC SP Severnaya Verf

N.M. Vikhrov, General Director
JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

CONTENTS

Open letter to the Minister of Industry and Trade of the Russian Federation

A.V. Manturov.....6

SHIPBUILDING AND SHIP-REPAIRING

G. V. Egorov. *The analysis of travelling conditions in expected areas of work of the cruise passenger ship of «Volgo-Balt Max» class*..... 11

N.M. Vikhrov, A.P. Nyrkov, S. S. Sokolov, A.A. Shnurenko. *Stochastic models of technological procedures of ship-repair management* 17

A.G. Filimonov. *Feasibility of implementation of rooms forming system of the general concept of vessel equipment and sea objects*.....23

Bai Xiaolong, A.N. Suslov, I.V. Shcherbakov. *Forming of the electronic knowledge base for designing and vessel construction* 25

PROPULSION MACHINERY AND SHIP EQUIPMENT

N.I. Nikolaev, M. V. Gritsenko, A.S. Ghiltsov. *The analysis of service conditions of propulsive complexes with partially shipped screws*..... 28

A.V. Saushev. *Optimum setup of ship electro-technical devices*..... 31

V. G. Muramovich, D. V. Suslov. *Energy efficiency of modifiers of motor fuel*..... 35

K.G. Golubev. *Energy installations of the ships with electric motion*..... 38

I.S. Sukhovinsky, V. Yu. Makarov, P. V. Nalivkin. *Implementation of installations of preparation of fuel and highly effective heat exchange equipment in ship systems*..... 39

M. P. Tikhomirov, A.A. Neyelov, S.S. Staroded. *Determination of electric equipment monitoring tasks in ship electromotive force diagnostic aids*..... 43

A.I. Domrachev, S.A. Ruchin. *Application of gas fuel in ship energy installations*.... 44

To the 50th anniversary of a labor activity of V. V. Shatalov..... 50

Yu.Yu. Zalmina, V. N. Cherevatenko. *JSC Armalit-1 about the concept of development of production pipeline armature*..... 51

N.Ya. Shcherbina. *To an assessment of transport nuclear energy installations operation safety* 55

RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin, O. G. Maltsev. *The system analysis of the ship integrated complex of illumination of a surface situation by an entropy indicator of information quality* 59

S.A. Baharev, G.P. Dremlyuga, S.E. Novikov, A.V. Rogozhnikov. *Automatic search and lifting of small size vessels of coastal navigation, and also automatic recorders of vessels* 65

V.A. Tsuwarev, Yu.G. Tvarin. *To the question of technology of geospatial information submission in systems of ship arms* 70

V. V. Kobzev, Yu.A. Kuznetsov, I.V. Telyuk, D.K. Shilov. *Identification of mistakes of the operator when handling the exercise machine*..... 73



INDUSTRIAL SAFETY

I.A. Moryakov, D. B. Silin. *Safety of especially important sea objects*..... 77

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

Yu.A. Komarovskiy. *Influence of weather conditions on of differential amendments acceptance failures of sea DGPS stations*..... 81

SAFETY OF NAVIGATION

V. N. Ilyukhin. *Underwater technologies in case of emergency submarines crews rescue* 85

I.A. Stepanyuk, N. S. Frolova, A.V. Zimin. *Communication between storm glass characteristics and electromagnetic indignations* 91

ECOLOGICAL SAFETY

M. M. Lukyanova, I.O. Ivanovsky. *Experience of implementation and functioning of System of ecological management on «Severnaya Verf»* 93

SEA EQUIPMENT: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

I.V. Kozhemyakin, K.V. Rozhdestvensky, V.A. Ryzhov, A. V. Smolnikov, E.I. Tatarenko. *Underwater glider: yesterday, today, tomorrow. Part 2* 98

K.V. Rozhdestvensky, V.A. Ryzhov. *Estimation of the time of vertical submersion of a pressure hull, equipped with a buoyancy engine*..... 101

A.B. Vaganov, A.S. Kostyunin. *Research of properties of maneuverability of a vessel in case of sign-variable turns of wheels*..... 107

A.V. Napitukhin. *About diffraction waves of tension around openings in beams and plates*..... 111

Yu.N. Durnev. *Planning and monitoring of an optimum mode of petroleum cargo heating on tankers* 113

BUSINESS AND RIGHT

D.V. Okhrimsky, A.M. Tikhonenko. *Marketing policy of the enterprise of sea engineering in the conditions of the modern market*..... 117

A.I. Ismailov, S. B. Kursin, N.A. Slavin. *Value assessment of working hour in the research organization working on commercial agreements and public contracts (on the example of JSC 'GNINGI')* 119

I. V. Savelyev. *Personnel solves everything* 123

IN ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

Report-elective meeting of Association of shipbuilders..... 125

SEA EDUCATION

V. V. Baranovsky, A.N. Kondratenko. *Mathematical model of an assessment of level of professional readiness of staff* 126

ON A BOOK SHELF

Russian shipbuilding: aspects of national security 129

Myths and reality of hydro-bionics 129

EXHIBITIONS AND CONFERENTIONS

Maritime Defence Show IMDS–2013, 3–7 of July, 2013, St.Petersburg (1)

The 12th International Exhibition and Conference NEVA–2013, 24–27 of September, 2013, St.Petersburg (9)

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

A.Yu. Pylaev

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.

Yu.V. Baglyuk, Ph. D.

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

V.N. Glebov, Ph. D.

E.A. Gorin, D. Sc.

E.V. Igoshin, Ph. D.

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

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

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

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

P.I. Maleev, D. Sc.

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

V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.

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

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

L.A. Promyslov, Ph. D.

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

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

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

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

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

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

Yu.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.

B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.

Yu.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 2006–2012

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 № 1156.

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.

ОТКРЫТОЕ ПИСЬМО МИНИСТРУ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Д.В. МАНТУРОВУ

Уважаемый Денис Валентинович!

Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области ведет систематическую работу по консолидации деятельности предприятий и организаций этого важнейшего анклава российской судостроительной индустрии для повышения ее региональной и общероссийской эффективности.

Руководители предприятий, организаций и образовательных учреждений, входящих в Ассоциацию, во взаимодействии с Российским научно-техническим обществом судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, региональными организациями отраслевых профсоюзов и Морским Советом при Правительстве Санкт-Петербурга координируют свою деятельность в интересах решения задач развития отрасли. В числе источников определения этих задач и направлений их решения известны следующие основные федеральные, региональные и корпоративные программы и документы:

Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу, утвержденная приказом Минпромэнерго России от 06.09.2007 г. № 354;

государственная программа РФ «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 24.12.2012 г. № 2514-р;

закон № 305-ФЗ от 07.11.2011 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер государственной поддержки судостроения и судоходства»;

закон № 246-ФЗ от 19.07.2011 г. «Об искусственных земельных участках, созданных на водных объектах, находящихся в федеральной собственности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

комплексная программа «Наука. Промышленность. Инновации» в Санкт-Петербурге на 2012–2015 гг., утвержденная постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 28 июня 2011 г. N 835;

концепция «Развитие кластера судостроения в Санкт-Петербурге», разработанная Центром стратегических разработок «Северо-Запад»;

концепция развития открытого акционерного общества «Объединенная судостроительная корпорация», проект 2010 г.;

программа инновационного развития ОАО «ОСК» на период 2011–2015 гг. и перспективу до 2020 г., утвержденная Президентом ОАО «ОСК» 28.11.2011 г.

При этом реализация намеченных мер по развитию судостроения, как показывает практика предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области, затруднена определенной рассогласованностью организационных и финансовых инструментов решения задач, рядом противоречий замысла существующим условиям, слабой

координацией проводимой и планируемой работы на различных уровнях управления.

Для петербургского судостроительного комплекса одной из самых сложных проблем развития остается недостаточная интеграция научной, проектно-конструкторской и промышленной деятельности предприятий и организаций в реальном производстве кораблей и судов. Прежде всего речь идет о практической кооперации НИИ и КБ отрасли с заводами-строителями и о нарастающих трудностях привлечения заводов-комплектаторов, особенно третьего–пятого уровней, к поставкам продукции, необходимой для судостроения.

Из перечисленных выше документов следует, что данная проблема признается на всех уровнях государственного и корпоративного управления и предполагается к разрешению комбинацией ряда мер. Среди них определяющими являются:

– значительная государственная поддержка интегрально-согласованного научного и инструментально-технологического развития научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций;

– реализация уставных задач ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (далее – ОАО «ОСК») по прикладной интеграции входящих в нее конструкторских бюро и заводов-строителей;

– формирование территориального кластера судостроения.

Однако на практике хозяйственные связи КБ и заводов-строителей стагнированы на доинтеграционном в ОАО «ОСК» уровне, что сохраняет существующие проблемы и препятствует внедрению прогрессивных проектных технологий, в частности, унифицированных стандартов информационных технологий по проектированию и строительству кораблей и судов. В части расширения локализации производства комплектующих изделий в рамках Санкт-Петербургского кластера судостроения пока единственным практическим шагом стало подписание в сентябре 2011 г. соглашения между Правительством города и ОАО «ОСК».

Серьезное беспокойство вызывает проблема технической модернизации судостроительных мощностей города. Безусловно, реализация мероприятий ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса РФ» решает ряд вопросов модернизации специализированных производств. Принимаемых мер для подготовки судостроительных заводов к освоению нового перспективного продуктового ряда гражданской морской техники, над которым сегодня работает отраслевая наука, с нашей точки зрения, недостаточно. Между тем, как следует из Государственной программы РФ «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.», на развитие и оптимизацию производственных мощностей гражданского судостроения в Северо-Западном федеральном округе России, включая судостроительную

зону Санкт-Петербурга и Ленинградской области, средства федерального бюджета не предусмотрены. При этом перспективы изыскания 77,2 млрд. руб. из внебюджетных источников для реализации проектов, намеченных ОАО «ОСК», в настоящее время неясны в силу пересмотра корпорацией своих инвестиционных перспектив и практического отсутствия реалистичных программ в данном направлении.

С будущим обликом судостроительных верфей, степенью их технологического совершенства и конфигурацией всего комплекса судостроения в Санкт-Петербурге тесно связана перспектива работы по подготовке кадров всех уровней в системно организованной образовательной среде. Появление новых профессий и специальностей, создание образовательных стандартов, прогнозирование и планирование потребностей в специалистах и рабочих, подготовка и переподготовка научных кадров и кадров преподавателей требует скоординированной работы как предприятий, так и учебных заведений всех уровней. Опыт организации такого комплексного подхода к профессиональному образованию обладает Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, реализовавший в соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 21.09.2004 г. № 1585 «Программу подготовки и переподготовки кадров для судостроительной промышленности на 2004–2008 гг.». Комплексная программа «Наука. Промышленность. Инновации» в Санкт-Петербурге на 2012–2015 гг. позволяет на региональном уровне поддержать данное перспективное направление в сфере профессионального образования, ориентируясь его на кластер судостроения города.

Вторым условием развития такого проекта должна стать внутриотраслевая консолидация предприятий, прежде всего научных организаций, в централизации профессионального и дополнительного образования. Однако государственной программой РФ «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.» предусмотрена «организация в государственном научном центре и центрах компетенции систем отраслевого и междисциплинарного образования» («второй диплом», магистратура, аспирантура, целевая профессиональная подготовка и т. п.). Представляется, что такая децентрализация отраслевого образования нерациональна для кластера судостроения Санкт-Петербурга.

Важным условием повышения конкурентоспособности отечественного гражданского судостроения остается государственная поддержка отраслевых предприятий. Наиболее действенные экономические меры в отношении судостроительных заводов предусматривались в проекте Федерального закона № 305.

Проект был направлен на создание равных конкурентных условий для российских судостроителей и судовладельцев с зарубежными конкурентами. В части судостроения он должен стимулировать развитие наших верфей, строящих гражданские и промысловые суда, и вернуть отечественных судовладельцев на российский рынок.

Как это практикуется в странах с развитым судостроением, предполагалось снизить налоговые нагрузки на российские верфи, а именно:

- отменить НДС при строительстве гражданских и промысловых судов для отечественных судовладельцев;
- отменить пошлины на импортное комплектую-

щее оборудование при отсутствии российских аналогов с теми же характеристиками и по требованию заказчика;

- отменить пошлины на импортное технологическое оборудование для модернизации производства при отсутствии российских аналогов с требуемыми техническими характеристиками;
- снизить налоги на землю и имущество;
- снизить налог на прибыль.

Предполагалось, что это будет закон прямого действия, который послужит к исправлению ситуации, когда за последние 20 лет только 5% от общего количества морских судов было построено в России.

Фактически же на стадии согласования законопроекта, в него было введено понятие «промышленно-производственные особые экономические зоны», что оказалось «миной замедленного действия». Закон утратил возможность прямого действия, а ожидаемые льготы стали доступны только заводам, являющимся резидентами этих зон. В реальности это практически невозможно, так как:

1. Вопрос о предоставлении верфям данного статуса решают региональные власти. Если рост производства за счет использования указанных льгот – вопрос перспективный, то снижение поступлений в местный бюджет – ближний прогноз, не выгодный регионам.

2. Вторым условием получения указанных льгот является регистрация построенного судна в Российском Международном Реестре Судов (РМРС). Наши верфи этим практически не пользуются, так как регистрация обременяется множеством согласований и доказательств по вопросу импортного комплектующего оборудования.

По мнению Ассоциации, для того чтобы крайне нужный закон заработал, необходимо подготовить проект постановления правительства, в котором предложить механизм его полноценной реализации, а также подготовить ряд предложений в адрес Минэкономразвития РФ. Разработку проектов таких документов может взять на себя Ассоциация при поддержке и согласии Департамента судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга РФ.

Похожая ситуация и с Федеральным законом № 246-ФЗ, который упорядочивает для соответствующих предприятий порядок процедур согласования строительства на границе земля-вода.

Естественно, закон распространяется как на морские и речные порты, так и на судостроительные предприятия в случае их расширения, модернизации и реконструкции. При этом, если для портов процедура согласования такого строительства достаточно проста и окончательное разрешение дает Минтранс РФ, то для судостроительных предприятий все обстоит иначе.

Для верфей, в планах которых нет работ по госзаказу, на первом этапе нужно пройти согласование намерения о строительстве в семи инстанциях. Затем проводится открытый аукцион на проектирование и строительство. Кроме громоздкости и длительности процедуры, возникает опасность появления на территории завода нового собственника.

Закон не учитывает того, что как и для портов, территория и акватория верфи это неразрывные производственные зоны. Спусковые сооружения, достроечная набережная, причальная стенка – обязательные атрибуты верфи, требующие периодической модернизации, ремонта или изменения размеров.

Ассоциация убеждена в том, что порядок процедур согласования, предусмотренных для морских и речных портов может быть распространен на судостроительные предприятия. При этом последней инстанцией согласования должны быть Минпромторг РФ и Минтранс РФ. Для достижения такого естественного паритета в мерах господдержки представляется полезным сформировать соответствующие инициативы со стороны Минпромторга РФ, проекты которых также могут подготовить эксперты Ассоциации.

Актуальной проблемой для экономики судостроения является стандартизация отраслевой системы ценообразования, прежде всего, на продукцию государственного заказа. Широкая внутри- и межотраслевая многовекторность данной проблемы, масштабность необходимого нормативного, информационного и методического обеспечения в условиях специфического российского рыночного пространства требуют государственного участия в ее решении. На отраслевом уровне делаются попытки приступить к системному решению данной проблемы, о чем свидетельствует, в частности, создание в ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» Отраслевого научно-технического центра ценообразования, трудоемкости строительства и ремонта кораблей и судов. Однако развертывание этих работ требует достаточного бюджетного финансирования, которое на практике отсутствует.

Одной из важнейших задач для предприятий ОАО «ОСК» является повышение оперативности управления текущей хозяйственной деятельностью. Как холдинговая структура, ОАО стало достаточно эффективным инструментом интеграции судостроительных активов. Но при этом трехуровневая структура управления корпорацией (холдинг–субхолдинг–хозяйственное общество) при крайне высокой степени концентрации имущественных и финансовых полномочий в советах директоров соответствующих субъектов управления снижает оперативность принятия хозяйственных решений в реальном производстве, повышает издержки и тем самым снижает конкурентоспособность конечного продукта. Данная проблема, судя по проекту Концепции развития ОАО «ОСК», хорошо понимается его руководством. Но меры по реорганизации принятой системы управления, намеченные еще в 2010 г., до настоящего времени носят лишь проектно-декларативный характер.

Уважаемый Денис Валентинович, обозначенные в настоящем письме проблемы и вопросы, безусловно, достаточно сложны и потребуют времени для позитивного разрешения. Вместе с тем от правильного соотношения последовательности и синхроничности их реализации, по нашему мнению, в значительной мере зависит успех

реальной модернизации как Санкт-Петербургского, так и в целом российского судостроения.

Представляется, что для судостроительной зоны Санкт-Петербурга и Ленинградской области наиболее рационально активизировать работу по созданию территориально-отраслевого кластера. Именно в этот проект можно комплексно заложить конкретные меры по развитию судостроения, предусмотренные федеральными, региональными и корпоративными программами. Именно в данном проекте наиболее реален синергетический эффект от сложения сил отрасли, региона и хозяйствующих субъектов.

При этом, как свидетельствует зарубежный и отечественный опыт, практическая реализация кластерного проекта требует координации из единого интеллектуального центра. На наш взгляд, таковым может стать Крыловский государственный научный центр (ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова»), обладающий соответствующими специалистами и источниками финансирования из федерального бюджета.

Представляется, что именно возглавляемое Вами министерство могло бы выступить эффективным инициатором и организатором пятистороннего диалога между имеющим право законодательной инициативы Правительством, ОАО «ОСК», не входящими в нее отраслевыми научными учреждениями (Крыловский ГИЦ, ОАО ЦТСС), региональными властями и судостроительной общественностью в интересах разрешения накопившихся противоречий и корректировки законодательства.

Итогом такой работы должно стать создание условий, объективно достаточных для достижения параметров и целей судостроительного производства, заявленных в соответствующих стратегиях и программах развития отрасли.

Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области готова оказать всю необходимую экспертную поддержку этой важной работе. В частности, наши расширенные предложения по совершенствованию законодательной базы направлены заместителю министра промышленности и торговли РФ А.Л. Рахманову (исх. № 22 от 02.04.2013 г.).

2 апреля 2013 г.,
г. Санкт-Петербург

С уважением,
президент Ассоциации В.Л. Александров



АССОЦИАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Межрегиональное отраслевое некоммерческое объединение
промышленников и предпринимателей (работодателей)

198095, С-Петербург, ул.Промышленная, д.7, тел/факс: 786-11-72, E-mail: assu@sstc.spb.ru

Снижение на российских реках общего количества круизных судов (КС) в эксплуатации из-за старения требуется его замена на современные. На это, в свою очередь, потребуются достаточно много лет, значительные финансовые и трудовые затраты. Ограниченность сроков навигации на российских реках значительно увеличивает сроки окупаемости инвестиций (более 15–20 лет) и делает невозможным привлечение кредитных ресурсов коммерческих банков и использование средств лизинговых компаний, работающих на рынке.

Именно поэтому в новейшей истории России было построено всего два новых судна такого типа – трехпалубное КС повышенной комфортабельности класса «М» пр. PV08 «Александр Грин» на 112 пассажиров для ОАО «Московское речное пароходство» и мелкосидящее КС «Сура» с инновационным колесным движителем класса «Р» на 40 пассажиров для компании «ГАМА». Все остальные были получены до 1990 г. Для сравнения, только на Дунае, Рейне и Майне, Одере и других европейских реках за этот же период с 1991 по 2012 г. вступило в строй более 110 новых КС.

В этой ситуации особое внимание на себя обращает концепт КС нового поколения класса «Волго-Балт макс» (PV500VB), который имеет наименьший срок окупаемости – около 10 лет (подробнее см. в [6]). Это суда, размеры которых определяются условиями Волго-Балтийского водного пути (пр. ВБВП), пассажироместимостью около 500 человек. Предполагается их эксплуатация на линиях, соединяющих порт Санкт-Петербург и порт Москва.

В соответствии с ГОСТ 26775–97 [83] все ВВП в зависимости от их характеристик и использования транспортным и техническим флотом подразделяют на семь классов (табл. 1).

Такая классификация позволяет, исходя из класса выбранного ВВП, оценить примерные размеры (габаритную длину L_M , габаритную ширину B_M , надводный габарит $H_{нт}$) судов, для которых эти пути проектировались.

Однако такая классификация является весьма условной, и ее использование при проектировании без привязки к фактическим путевым условиям невозможно. Например, согласно табл. 1, ВБВП относится по глубине судового хода к первому классу, а по габаритным размерам судов – к третьему классу.

АНАЛИЗ ПУТЕВЫХ УСЛОВИЙ В ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ РАЙОНАХ РАБОТЫ КРУИЗНОГО ПАССАЖИРСКОГО СУДНА КЛАССА «ВОЛГО-БАЛТ МАКС»

Г.В. Егоров, д-р техн., наук, проф., генеральный директор, ЗАО «Морское Инженерное Бюро-СПб», контакт. тел. (812) 232 8538

Таблица 1

Основные характеристики водных путей и транспортного грузового флота

Класс водных путей (участков)	Глубина судового хода на перспективу $d_{ввп}$, м		Расчетные ширина B_M / длина L_M состава, м		Расчетная надводная высота судна $H_{нт}$, м
	гарантированная	средненавигационная	судового	плотового	
Сверхмагистральные	>3,2	>3,4	36/220 или 29/280	110/830 или 75/950	15,2
	2,5... 3,2	2,9... 3,4	36/220	75/950	13,7
Магистральные	1,9... 2,5	2,3... 2,9	21/180	75/680	12,8
	1,5... 1,9	1,7... 2,3	16/160	50/590	10,4
Местного значения	1,1... 1,5	1,3... 1,7	16/160	50/590	9,6
	0,7... 1,1	0,9... 1,3	14/140	30/470	9,0
	<0,7	0,6... 0,9	10/100	20/300	6,6

Источник: [4]

В табл. 1 не приведены характеристики судов пассажирского и технического флота, барже-буксирного состава для перевозок крупногабаритного и другого спецоборудования и отмечается, что если по гарантированной и средненавигационной глубинам судового хода участок водного пути относится к разным классам, то его следует относить к более высокому из них [4].

Согласно [8], фактическая обеспеченность гарантирован-

ных судовых глубин составляет в зависимости от категорийности ВВП от 80 до 99%, что также подчеркивает достаточно условный характер классификации ГОСТ 26775–97.

Итак, изложим требования к главным элементам, связанным с ограничениями портов, каналов и судоходных путей судна класса «Волго-Балт макс».

Общие замечания по условиям плавания на ВБВП – комбинация озерных («М», «О») и речных разрядов («Р»), стесненные каменистые места со свальными течениями, наличие относительно узких каналов и судовых путей, наличие мостов в разведенном и неразведенном состояниях.

ТРЕБОВАНИЯ К ГАБАРИТНОЙ ДЛИНЕ СУДНА

По габаритам шлюзов. Согласно правилам пропуска судов [13], габаритная длина судна $L_M \leq L_{шк}$, где $L_{шк}$ – полезная длина шлюзовой камеры. Данные ВБВП указаны в табл. 2.

Минимальная полезная длина шлюзовой камеры – 198 м (Нижне-Свирицкий шлюз).

Таблица 2

Полезные длины $L_{шк}$ шлюзовых камер шлюзов Волго-Балтийского водного пути (ВБВП)

Шлюз	Фактическая длина $L_{шк}$, м
Нижнесвирицкий	198
Верхнесвирицкий	281
Шлюз:	
№1 ВБК	269,24
№2 ВБК	268,23
№3 ВБК	268,42
№4 ВБК	267,56
№5 ВБК	267,54
№6 ВБК	263,58
№7 ВБК	265,6
№8 ВБК	310,0
Шлюзы №1–6 канала им. Москвы, Угличский шлюз	290,0

Источник: [1–3]

По минимальному радиусу закругления судового хода ВВП. Габаритная длина судна по критерию безопасной управляемости на ВВП без снижения скорости должна удовлетворять условию $L_M \leq K_1 R_{мин}$, где $R_{мин}$ – минимально гарантированный радиус закругления судового хода (см. табл. 3 и 4), K_1 – коэффициент запаса в соответствии с табл. 5 из Правил плавания по ВВП [12].

Для р. Нева определяющими являются характеристики судового хода на участке Кривое колено (радиус закругления $R_{мин} = 450$ м): крутой изгиб русла, свальные течения, помехи со стороны маломерного флота.

На р. Свирь наиболее затруднительный для судоходства участок расположен между селениями Погра и г. Подпорожье (1049,6–1043,8 км): извилистый судоводный ход, ширина русла реки до 100 м, скорость течения может достигать 15 км/ч.

Для р. Москва (46 км) радиус закругления $R_{мин} = 400$ м, что, согласно Правилам плавания по ВВП, ограничивает наибольшую длину самоходного судна при движении вверх по реке значением $L_M = 160$ м, вниз – $L_M = 132$ м.

Таблица 3
Гарантированные радиусы закругления судового хода R_{\min}

Участок ВВП, отстояние от порта Москва, км	Гарантированный радиус закругления судового хода R_{\min} , м
Р. Нева, г. Санкт-Петербург – г. Шлиссельбург, 1389–1315	600
Ладожское озеро, г. Шлиссельбург – устье р. Свирь, 1315–1172	600
Р. Свирь, устье р. Свирь – поселок Вознесение, 1172–946	600
Онежское озеро, поселок Вознесение – устье р. Вытегра, 946–895	750
Волго-Балтийский канал (ВБК)	600
Новинкинское водохранилище, подход к причалу Девятины	500
Вытегорское водохранилище, подход к рейду	500
Угличское и Рыбинское водохранилища	1000
Канал им. Москвы, причал Шукино-Иваньковский гидроузел	1000
Р. Москва	200

Источник: [1–3]

Таблица 4
Фактические радиусы закругления судового хода R_{\min}

Участок ВВП, отстояние от порта Москва, км	Фактический радиус закругления судового хода R_{\min} , м
Р. Нева, Кривое колено, 1360,4–1357,4	450
Р. Нева, Ивановские пороги, 1345–1344	600
Р. Свирь, 1145	780
Р. Свирь, Средние Мандроги, 1075	600
Р. Свирь, 1063–1062	800
Р. Свирь, Никольский, 1050–1052	800
Р. Свирь, мыс Крутой Краж, 965–962	600
Волго-Балтийский канал, 809–808	600
Волго-Балтийский канал, 781	600
Канал им. Москвы, 46 км	400

Источник: [1–3]

Однако указанные в табл. 5 ограничения носят явно «осторожный» характер, так как, например, достаточно типичные для Волго-Донского судового канала суда типа «Волго-Дон» с традиционной двухвальтовой установкой и двумя рулями имеют $L_M = 138,6$ м при $R_{\min} = 300$ м (в районе Среднепоречного переката, р. Дон – 3025–3027,7 км).

Таблица 5
Коэффициенты запаса K_f для определения максимально допустимой габаритной длины судна

Судно	Направление движения	
	Вверх	Вниз
Одиночное	0,40	0,33
Толкаемый состав	0,40	0,29
Суда и составы на ВВП США [7]	0,95	0,75

Источник: [12]

Соответственно, для р. Москва при $R_{\min} = 400$ м может быть допущено самоходное судно с $L_M \leq 184,8$ м.

Уточненные расчеты управляемости по методике Российского Речного Регистра [362] подтверждают, что при исследуемых ограничениях могут быть допущены суда, имеющие полноповоротные винторулевые колонки, которые оказывают положительное влияние на маневренные свойства судна, с $L_M \leq 185$ м при условии снижения скорости хода во время прохода стесненного места на 46 км примерно до 12 км/ч (60% от полного хода). При этом следует учитывать, что скорость течения р. Нева на Ивановских порогах может достигать 12 км/ч, в истоке Невы – 9–11 км/ч, на р. Свирь у Подпорожского моста при сбросах воды ГЭС – до 15 км/ч. В Волго-Балтийском канале (далее – ВБК) течения обычно невелики. На ВБК на участке 892,2–880,3, 853,6–774,0 км, скорость судов ограничена 12 км/ч; на участке 672,9–668,0 км – ограничена 8 км/ч; на участке 536,0–544,0 км – 10 км/ч. На р. Свирь на участках 1156,5–1087,5, 1058,5–1049,4, 967,0–948,0 км скорость судов ограничена 12 км/ч.

На канале им. Москвы на участке 44,1–48,4 км скорость судов ограничена 10 км/ч.

По длинам причалов портов. Обычно габаритная длина судна, согласно рекомендациям [8], не должна превышать длину причала с учетом запаса на передвигку судна и на навигационный запас, т.е. должна удовлетворять в общем виде условию $L_M \leq L_{\text{пр}} - \Delta L_1 - \Delta L_2$, где $L_{\text{пр}}$ – длина причала, что требует изучения фактических данных по портам [9, 10, 11, 15]; ΔL_1 – длина передвигки судна, причем при передвижных кра-

нах $\Delta L_1 = 0$, при погрузке стационарными перегрузочными механизмами $\Delta L_1 = 0,15L_M$, $\Delta L_2 = 0 \div 0,30L_M$ – запас на предотвращение навигационных аварий.

Для пассажирских судов отмеченные выше ограничения не столь актуальны, так как для них главное – это обеспечение безопасной посадки–высадки туристов и персонала, а также удобства при погрузке–выгрузке снабжения и продовольствия.

Речной пассажирский порт, расположенный в пределах Санкт-Петербурга, на левом берегу р. Нева, имеет пять пассажирских причалов. Общая длина причальной стенки 500 м. При счалке бортами разрешается установка до трех пассажирских судов.

Длина причальной стенки Нижнесвицкого шлюза у дамбы верхнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 229$ м, длина пассажирского причала Свирыстрой $L_{\text{пр}} = 40$ м (при счалке бортами разрешается установка до трех судов). Длина причала №1 Верхние Мандроги $L_{\text{пр}} = 80$ м (допускается один счал в три судна); причала №2 $L_{\text{пр}} = 78$ м (допускается один счал в два судна). Длина причальной стенки Верхнесвицкого шлюза у дамбы нижнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 450$ м; пассажирского причала Вытегра – $L_{\text{пр}} = 62$ м, расположен на левом берегу Вытегры, глубина гарантированная – 4,0 м.

Длина причальной стенки шлюза №1 у дамбы нижнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 245$ м, у верхнего – $L_{\text{пр}} = 280$ м. Длина причальной стенки шлюза №3 у дамбы нижнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 279$ м, у верхнего канала шлюза №5 – $L_{\text{пр}} = 328$ м; Причала шлюза №6 у нижнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 250$ м, у верхнего – два причала длиной $L_{\text{пр}} = 250$ м и $L_{\text{пр}} = 275$ м соответственно.

Пассажирский причал Анненский мост имеет длину $L_{\text{пр}} = 45$ м; причал Горицы – $L_{\text{пр}} = 35$ м (при счалке бортами разрешается установка двух судов).

Длина пассажирского причала Топорня (Верхняя Шексна, 667,3 км) $L_{\text{пр}} = 70$ м, причала Ирма (Шекснинское водохранилище, 613,1 км) – $L_{\text{пр}} = 35$ м.

Длина причала причальной стенки шлюза №7 ВБК у нижнего подходного канала $L_{\text{пр}} = 284$ м, у верхнего – $L_{\text{пр}} = 280$ м.

Причальные стенки шлюза №8 ВБК имеют длину причалов $L_{\text{пр}} = 300$ м.

Северный речной вокзал расположен на правом берегу Химкинского водохранилища: общая длина причальной стенки для круизных судов $L_{\text{пр}} = 1090$ м, гарантированная глубина 3,1 м.

ТРЕБОВАНИЯ К ГАБАРИТНОЙ ШИРИНЕ СУДНА B_M

По габаритам судового хода. Ширина судна должна позволять в рамках фактической ширины судового хода $B_{\text{сх}}$ обеспечивать безопасные условия плавания с учетом воздействия ветра, волнения, установленного порядка движения.

Используя рекомендации работы [8], значение габаритной ширины судна может быть определено из условия $B_M \leq k_2 \cdot B_{\text{сх}}$, где k_2 – коэффициент, учитывающий условия плавания. Для одностороннего движения $k_2 = 0,67$, для двухстороннего движения без учета рыскания судов $k_2 = 0,38$, для двухстороннего движения с учетом максимального рыскания судов на угол до 2° $k_2 = 0,35$. Данные рекомендации могут быть ужесточены для скальных откосов и подводных прорезей, которых судоводители не видят.

Гарантированная ширина судового хода $B_{\text{сх}}$ указана в табл. 6. Минимальное значение $B_{\text{сх}} = 40$ м (переправы у Волокова и Анненского мостов на ВБК), которое ограничивает ширину судна значением $B_M = 26,8$ м при одностороннем движении судов и $B_M = 14,0$ м при двухстороннем.

На Нижнесвицком шлюзе ширина подходного канала составляет от 36 до 80 м (нижний) и от 70 до 120 м (верхний). На Верхнесвицком шлюзе ширина подходного канала составляет 46 м (нижний) и 54 м (верхний).

На участке 954,6–954,0 км р. Свирь в районе луды Плита судовой ход имеет ширину $B_{\text{сх}} = 75$ м; у шлюза ВБК №1 – 40 м

Таблица 6
Гарантированная ширина судового хода B_{CX}

Участок ВБВП, отстояние от порта Москва, км	Гарантированная ширина судового хода B_{CX} , м
Р. Нева, г. Санкт-Петербург – г. Шлиссельбург, 1389–1315	85
Ладожское озеро, г. Шлиссельбург – устье р. Свирь, 1315–1172	85
Р. Свирь, устье р. Свирь – поселок Вознесение, 1172–946	85
Онежское озеро, поселок Вознесение – устье р. Вытегра, 946–895	100
ВБК, шлюз №6 – Анненковский мост	50
Новинкинское водохранилище, подход к причалу Десятини	50
Вытегорское водохранилище, подход к рейду	50
Переправа Волоков мост, 844,2, ширина у переправы	40
Переправа Анненский мост, 823,8, ширина у переправы	40
Угличское и Рыбинское водохранилища	100
Канал им. Москвы, причал Шукино-Иваньковский гидроузел	55
Р. Москва	60

Источник: [1–3]

(нижний) и 46 м (верхний); у шлюза ВБК №2 – 50 м (нижний) и 60 м (верхний); у шлюза ВБК №5 – 32 м (верхний), что ограничивает ширину судна значением $B_M = 21,4$ м при одностороннем движении судов; ВБК №6 – 80 м (нижний) и 60 м (верхний); ВБК №7 – 62 м (нижний) и 85 м (верхний); ВБК №8 – 60 м (нижний) и 60 м (верхний).

По габаритам шлюзов. Согласно правилам пропуска судов [13], габаритная ширина судна должна отвечать условию $B_M \leq B_{шк} - \Delta B_1$, где $B_{шк}$ – фактическая ширина шлюзовой камеры; ΔB_1 – запас по ширине, в шлюзах шириной до 10 м составляет 0,4 м, до 18 м – 0,8 м, свыше 18 м – 1,0 м. Для шлюзов Северодвинской шлюзованной системы и в Кочетовском шлюзе ВДСК $\Delta B_1 = 0,6$ м. При наличии наледей на стенах камеры в шлюзах любой ширины шлюзование судов допускается при суммарном запасе по ширине не менее $\Delta B_1 = 0,4$ м от краев наледи.

Примеры для ВБВП указаны в табл. 7.

Минимальное значение $B_{шк} = 17,75$ м (шлюз ВБК №2), которое ограничивает ширину судна значением $B_M = 16,95$ м.

Таблица 7

Полезная ширина шлюзовой камеры $B_{шк}$ Волго-Балтийского водного пути

Шлюз	Фактическая ширина $B_{шк}$, м
Нижнесвицкий	21,5
Верхнесвицкий	21,5
Шлюз:	17,8
ВБК №1	
ВБК №2	17,75
ВБК №3	17,8
ВБК №4	17,8
ВБК №5	17,8
ВБК №6	17,83
ВБК №7	21,50
Шлюзы №1–6 канала им. Москвы, Угличский шлюз	30,00

Источник: [1–3]

По проходу под мостами. По проходу под мостами габаритная ширина судна $B_M \leq B_{MC} - \Delta B_2$, где B_{MC} – фактическая ширина подмостовых габаритов (минимальная, согласно ГОСТ 26775–97 указана в табл. 8); ΔB_2 – запас по ширине, принимаемый для мостов на водных путях классов 1–4 равным 24 м.

Кузьминский мост (р. Нева, 1336,6 км) имеет три пролета: правобережный (неразводной) для всех судов, следующих вниз по реке; левобережный (неразводной) для всех судов, следующих вверх и средний разводной, который имеет ферму, поднимающуюся вверх. Разводка осуществляется по заявке (за сутки до подхода). Ширина для правобережного пролета $B_{MC} = 127$ м, для левобережного $B_{MC} = 95$ м и для разводного $B_{MC} = 40$ м (по некоторым данным, временно 37 м). Соответственно, ширина левобережного пролета $B_{MC} = 95$ м ограничивает ширину судна значением $B_M = 71$ м, ширина разводного пролета $B_{MC} = 40$ м – $B_M = 16$ м.

Ладожский мост (р. Нева, 1321,6 км) имеет девять пролетов, из них три судоходных: левобережный (неразводной, четвертый от левого берега) для всех судов, следующих вниз по реке; средний (неразводной, пятый от левого берега) для всех судов, следующих вверх и правобережный разводной (шестой от левого берега). Разводка осуществляется по заявке (за двое суток до подхода). Ширина пролета для неразводных пролетов $B_{MC} = 120$ м (ширина судового хода $B_{CX} = 112$ м), для разводного $B_{CX} = 50$ м.

Лодейнопольский мост (р. Свирь, 1098,4 км) имеет три пролета, из которых два судоходных: правобережный (неразводной) для всех судов, следующих вниз по реке; средний разводной, который имеет ферму, поднимающуюся вверх и через который идут как суда сверху, так и снизу. Разводка осуществляется по заявке (за сутки до подхода). Ширина судового хода для неразводного пролета $B_{CX} = 70$ м, для разводного $B_{CX} = 50$ м.

Подпорожский мост (р. Свирь, 1047,4 км) имеет один пролет с фермой, поднимающейся при разводке вверх. Разводка осуществляется по заявке (за сутки до подхода). Ширина пролета $B_{MC} = 90$ м, ширина судового хода $B_{CX} = 70$ м. Соответственно, ширина пролета ограничивает ширину судна значением $B_M = 66$ м.

Октябрьский мост (Нижняя Шексна, 538,8 км) имеет девять пролетов. Судоходный (неразводной) – восьмой от левого берега. Ширина пролета $B_{MC} = 194$ м, ширина судового хода $B_{CX} = 80$ м.

Таблица 8

Минимальная ширина подмостовых габаритов B_{MC} судоходных пролетов мостов

Ширина подмостового габарита, не менее B_{MC} , м, для пролета:	
неразводного	разводного
140	60
140	60
120	50
120	40
100/60	30
60/40	-
40/30	-

Источник: [4]

Гарантированная ширина судового хода в пролетах моста B_{CX} указана в таблице 9. Минимальное значение $B_{CX} = 30$ м (мост у нижней головы шлюза №5 канала имени Москвы), которое ограничивает ширину судна значением $B_M = 20,1$ м при одностороннем движении судов.

Таблица 9

Ширина судового хода в пролетах моста B_{CX}

Участок ВБВП, отстояние от порта Москва, км	Ширина судового хода в пролетах моста B_{CX} , м
Кузьминский мост, р. Нева, 1336,6 км (неразводной пролет)	95
Ладожский мост, р. Нева, 1321,6 км (неразводной пролет)	112
Лодейнопольский мост, р. Свирь, 1098,4 (неразводной пролет)	70
Лодейнопольский мост, р. Свирь, 1098,4 (разводной пролет)	50
Подпорожский мост, р. Свирь, 1047,4 (разводной пролет)	70
Мост, ВБК, Нижняя Шексна, 592,8	100
Мост, ВБК, Нижняя Шексна, 589,5	100
Октябрьский мост, ВБК, 538,8	80
Ленинградский мост, канал им. Москвы, 48,0	100
Мост Московской кольцевой дороги, канал им. Москвы, 49,1	70
Мост Октябрьской железной дороги, канал им. Москвы, 49,9	80
Мост у поселки Водинки, 59,6	80
Мост Дмитровского шоссе, 61,3	100
Мост у нижней головы шлюза №5 канала им. Москвы	30
Мост, канал им. Москвы, 97,8	60
Мост, канал им. Москвы, 104,4	60
Мост, канал им. Москвы, 108,5	60
Рогачевский мост, канал им. Москвы, 115,3	60
Кимрский мост, Угличское водохранилище, 189,2	80
Кашинский мост, Угличское водохранилище, 247,5	90
Мост, Рыбинское водохранилище, 365,5	105

Источник: [1–3]

Фактические значения ширины рейдов B_{CX}

Участок ВВП, отстояние от порта Москва, км	Ширина рейда B_{CX} , м
Рейд:	
Усть-Ижоры, р. Нева, 1354,4–1353,5	60
р. Свирь, 1084,1–1083,0	120
Негежма, р. Свирь, 1088,6–1088,1	60
Нижние Мандроги, р. Свирь, 1077,05–1077,60	60
Вытегорское водохранилище, 870,7–870,	80
Белоусовское водохранилище, 868,2–867,4	250
Белоусовское водохранилище, 866,8–866,0	260
Новинкинское водохранилище, 857,6–857,3	200

Источник: [1–3]

По габаритам акватории речных русловых портов. Большинство причалов расположены непосредственно в русле и рукавах, вдоль берега. Для таких портов должно выполняться условие по достаточности ширины акватории (ширины реки) $B_{БАС}$ для стоянки у причалов двух рядов судов шириной B_M и безопасного расхождения двух встречных судов также шириной B_M . Согласно рекомендациям [8], ограничение имеет вид $B_{БАС} \geq 6B_M$. Соответственно, значение габаритной ширины судна при установке до двух судов в счале может быть определено из условия $B_M \leq 0,17B_{БАС}$.

Рейдовая стоянка пассажирских судов в районе Усть-Ижоры (1354,4–1353,5 км) имеет рейд длиной 900 м, шириной 60 м (грунт – песок и глина. При счале бортами разрешается установка до трех пассажирских судов в счале); в районе Кленцовая Кара (1089,0–1088,4 км) имеет рейд длиной 600 м (грунт – камень, глина), в районе Негежмы (1088,6–1088,1 км) длиной 490 м, шириной 60 м (грунт – глина, камень, предназначены для ожидания шлюзования при подходе снизу по р. Свирь).

Рейдовая стоянка судов на участке 1089,0–1088,4 км имеет рейд длиной 600 м (грунт – камень, глина); Рейдовая стоянка судов Негежма (1088,6–1088,1 км) имеет рейд длиной 490 м, шириной 60 м. Грунт – глина, камень, обе предназначены для ожидания шлюзования при подходе снизу по р. Свирь); на участке 1084,1–1083,0 км – длиной 1100 м и шириной не менее 120 м (грунт – ил, глина, при счале бортами разрешается установка двух пассажирских судов в счале в четыре счала).

Рейдовая стоянка судов Нижние Мандроги на участке 1077,05–1077,60 имеет рейд длиной 550 м и шириной 60 м (грунт – глина, камень, на рейде может стоять не более двух судов в один корпус).

Рейдовая стоянка судов в Вытегорском водохранилище на участке 870,7–870,1 имеет рейд длиной 300 м и шириной 80 м (грунт – глина, камень, для судов, ожидающих шлюзования в шлюзе №2).

Рейдовая стоянка судов в Белоусовском водохранилище на участке 868,2–867,4 имеет рейд длиной 740 м и шириной 250 м (грунт – песок. Для судов, ожидающих шлюзования в шлюзе №2); на участке 866,8–866,0 имеет рейд длиной 800 м и шириной 260 м (грунт – песок, для судов, ожидающих шлюзование в шлюзе №3).

Рейдовая стоянка судов в Новинкинском водохранилище на участке 857,6–857,3 имеет рейд длиной 300 м и шириной 200–560 м (грунт – глина. Для судов, ожидающих шлюзование в шлюзе №6).

Рейды Северного речного вокзала (45,3–45,7 км) имеют длину рейда 400 м (грунт – песок и суглинок, покрытые слоем ила, суда становятся на носовой и кормовой якоря в линии, не более двух судов в каждой, интервал между линиями – 50 м).

Рейд №1 в Рыбинское водохранилище на участке 312,4–313,4 имеет рейд длиной 1000 м (грунт – глинок и суглинок, суда становятся на носовой и кормовой якоря в линии, не более двух судов в каждой. Интервал между линиями 50 м).

Мышкинский рейд на участке 341,6–342,4 длиной 800 м (грунт – глинок и суглинок, суда становятся в линии, по одному судну в каждой, интервал между линиями 50 м).

Фактические значения ширины рейдов B_{CX} указаны в табл. 10.

Минимальное значение $B_{CX} = 60$ м, которое ограничивает ширину судна значением $B_M = 21,0$ м при двухстороннем движении судов.

ТРЕБОВАНИЯ К ОСАДКЕ СУДНА d

По правилам плавания на ВВП. Согласно действующим правилам плавания [12], осадка судна $d \leq d_{ВВП} - \Delta d_1$, где $d_{ВВП}$ – глубина судового хода; Δd_1 – запас по глубине, который зависит от значения $d_{ВВП}$ и типа грунта. Δd_1 показывает разницу

между глубиной на конкретном участке и наибольшей осадкой судна на стоянке и назначается согласно табл. 11.

Требуется, чтобы при прохождении лимитирующих по глубине участков судоводители учитывали явления просадки и принимали меры для ее уменьшения путем снижения скорости судна или путем уменьшения загрузки. Кроме того, при плавании в бассейнах разрядов «М» и «О» суда должны иметь дополнительный запас воды под днищем не менее 1/3 высоты волны согласно прогнозу. При проектировании такие факторы не учитываются, так как подобные динамические эффекты увеличения осадки должны быть учтены при эксплуатации.

Таблица 11

Минимальные запасы Δd_1 по глубине на водных путях (минимальные запасы воды под днищем)

Глубина судового хода $d_{ВВП}$, м	Δd_1 для судов (составов)		Δd_1 для плотов независимо от характера грунта, м
	при песчаном и галечном грунте, м	при каменном грунте, м	
До 1,50	0,10	0,15	0,20
1,51–3,00	0,15	0,20	0,25
3,00 и более	0,20	0,25	0,30

Источник: [12]

На фактические значения $d_{ВВП}$ р. Нева оказывают сильное влияние сгонно-нагонные колебания уровня, особенно у истока у Ладожского озера, и наоборот. В устье Невы при устойчивых западных ветрах возможен подъем до 1,60 м и выше.

Глубины на Ладожском озере до 70 м в южной части (10-метровые глубины начинаются на расстоянии 15 миль от берега) и от 70 до 200 м – в более глубокой северной части. Колебания уровня в южной части при нагонных ветрах достигают 1,0 м, при сгонных – 0,6 м.

На р. Свирь в связи с работой ГЭС отмечаются колебания воды амплитудой до 3 м (наибольшее падение уровня происходит в выходные дни и ночью). В Свироской губе уровень под воздействием сгонно-нагонных ветров меняется на 0,5–0,9 м.

На Онежском озере южные и юго-восточные ветры могут вызвать снижения уровня воды до 0,2 м.

Под воздействием ветра на ВБК наблюдаются сгонно-нагонные явления: в Белом озере – до 0,5 м, в Шексинском водохранилище – 0,4 м.

Сильные ветры вызывают на Рыбинском водохранилище повышение или понижение уровня на 0,3–0,5 м.

Грунт на р. Нева глинистый, причем на участках с глубиной около 4 м – смешанный (глина с камнем); грунт на Ладоге – песчаный в южной части, ил – в северной части, на малых глубинах каменистый; на р. Свирь – глина с камнем, причем отмечается достаточное количество каменистых отмелей; на Онежском озере песчаный.

Грунт на канале им. Москвы, в Рыбинском водохранилище состоит из супеси, торфа и глины. Берега канала им. Москвы укреплены камнем, железобетонными плитами и вертикальным железобетонным шпунтом.

Гарантированная глубина судового хода $d_{ВВП} = 4,0$ м указана в табл. 12, поэтому суда иметь осадку $d = 3,75–3,80$ м (теоретически).

Таблица 12
Гарантированная глубина судового хода $d_{ВВП}$

Участок ВБВП, отстояние от порта Москва, км	Гарантированная глубина судового хода $d_{ВВП}$, м
Р. Нева, г. Санкт-Петербург – г. Шлиссельбург, 1389–1315	4,0
Ладожское озеро, г. Шлиссельбург – устье р. Свирь, 1315–1172	4,0
Р. Свирь, устье р. Свирь – поселок Вознесение, 1172–946	4,0
Онежское озеро, поселок Вознесение – устье р. Вытегра, 946–895	4,0
ВБК	4,0
Угличское и Рыбинское водохранилища	4,0
Канал им. Москвы, причал Шукино-Иваньковский гидроузел	4,0
Р. Москва	4,0

Источник: [1–3]

Глубины в портах и на стоянках $d_{ВВП}$ указана в табл. 13. Минимальные значения $d_{ВВП} = 3,1$ м отмечены на Северном вокзале г. Москвы, поэтому суда иметь осадку $d = 2,90$ м.

Таблица 13

Глубины в портах и на стоянках $d_{ВВП}$

Причал, отстояние от порта Москва, км	Глубина у причала $d_{ВВП}$, м
Речной вокзал ОАО «Пассажирский порт», Санкт-Петербург, р. Нева, 1367	3,2–3,6
Рейдовая стоянка пассажирских судов в районе Усть-Ижоры, 1354,4–1353,5	4,0
Рейд Кленцовая Кара, р. Свирь, 1089,0–1088,4	4,0
Рейд, р. Свирь, 1084,1–1083,0	4,0
Рейд Нижние Мандроги, р. Свирь, 1077,05–1077,60	4,0
Причал Вытегра, ВБК, 878,4	4,0
Рейд, Вытегорское водохранилище, 870,7–870,	4,0
Рейд, Белоусовское водохранилище, 868,2–867,4	4,0
Рейд, Белоусовское водохранилище, 866,8–866,0	4,0
Рейд, Новинкинское водохранилище, 857,6–857,3	4,0
Причал у селения Горицы, Верхняя Шексна, 683,6	4,0
Причалы Северного речного вокзала в Москве (минимальная глубина)	3,1
Рейды Северного речного вокзала, 45,3–45,7	4,0–4,5

Источник: [1–3]

По условиям шлюзов. Согласно правилам пропуска судов [13], фактическая осадка $d \leq d_{шп} - \Delta d_2$, где $d_{шп}$ – глубина на порогах шлюза; Δd_2 – запас по глубине, который зависит от $d_{шп}$ и материала, из которого построен шлюз. Δd_2 назначается согласно таблице 14, при этом значение Δd_2 на порогах шлюзов №15 и 16 Городецкого гидроузла и шлюза Кочетовского гидроузла для пассажирских и сухогрузных судов, а также нефтеналивных судов с двойными бортами и днищем при перевозке нефтепродуктов с температурой вспышки паров 60 °С и выше (бензин, сырая нефть и пр.) допускается не менее 0,25 м.

Таблица 14

Минимальные запасы Δd_2 по глубине на порогах шлюзов (минимальные запасы воды под днищем)

Глубина на пороге $d_{шп}$, м	Материал шлюза	
	дерево, м	камень или бетон, м
До 1,00	0,10	-
1,01–2,50	0,15	0,25
Свыше 2,50	-	0,40

Источник: [13]

Таблица 15

Минимальные глубины на пороге шлюзов $d_{шп}$ ВБВП

Шлюз	Глубина на пороге $d_{шп}$, м
Нижнесвирский	5,73
Верхнесвирский	4,00
Шлюз:	
ВБК №1	4,10
ВБК №2	4,40
ВБК №3	4,03
ВБК №4	4,02
ВБК №5	4,00
ВБК №6	4,70
ВБК №7	3,75
ВБК №8	5,50
Шлюзы №1–6 канала имени Москвы, Угличский шлюз	5,50

Источник: [1–3]

Примеры для ВБВП указаны в табл. 15. Минимальные значения $d_{шп} = 3,75$ м отмечены на шлюзе ВБК №7, поэтому осадка судна может быть $d = 3,35$ м.

ОГРАНИЧЕНИЯ ПО НАДВОДНОМУ ГАБАРИТУ

По проходу под мостами. Согласно правилам плавания судов по ВВП [12], фактическая надводная высота судна должна отвечать условию $H_{нт} \leq H_{МС} - \Delta H_1$, где $H_{МС}$ – высота моста над фактическим уровнем воды, ΔH_1 – минимальный запас по высоте, который зависит от $H_{МС}$ и характера ВВП (свободное течение или зарегулированные участки).

Минимальные запасы по высоте ΔH_1 для прохода под мостами указаны в табл. 16 без учета волнения.

Таблица 16

Минимальные запасы ΔH_1 по высоте в мостах

Высота моста над рабочим (фактическим) уровнем воды $H_{МС}$, м	На свободных реках и водохранилищах, м	На зарегулированных участках, м
До 10	0,2	0,1
10,1–13,0	0,3	0,1
13,1–16,0	0,4	0,2
16,0 и более	0,5	0,2

Источник: [12]

Таблица 17

Высота подмостового габарита $H_{МС}$

Класс водного пути (участка)	Высота подмостового габарита $H_{МС}$, м
1	17,0
2	15,0
3	13,5
4	12,0
5	10,5
6	9,5
7	7,0

Источник: [4]

Минимальное значение $H_{МС}$ определяется по данным табл. 17 ГОСТ 26775–97 [4] в зависимости от класса ВВП и использования транспортным и техническим флотом.

Фактическая высота пролетов мостов от уровня воды $H_{МС}$ приведена в табл. 18. Минимальная высота пролета Кузьминского моста на р. Нева при расчетном уровне $H_{МС} = 12,5$ м, что

Таблица 18

Фактическая высота пролетов мостов от уровня воды $H_{МС}$

Участок ВБВП, отстояние от порта Москва, км	Высота пролета $H_{МС}$, м от	
	проектного уровня	расчетного уровня
Кузьминский мост, р. Нева, 1336,6 (неразводной пролет)	15,2	12,5
Ладожский мост, р. Нева, 1321,6 (неразводной пролет)	18,5	14,5
Лодейнопольский мост, р. Свирь, 1098,4 (неразводной пролет)	17,55	14,5
Подпорожский мост, р. Свирь, 1047,4 (разводной пролет в наведенном состоянии)	15,74	13,37
Подпорожский мост, р. Свирь, 1047,4 (разводной пролет, ферма поднята)	37,30	
Мост шлюза №1, ВБК	17,6	16,17
Мост шлюза №6, ВБК	16,17	15,92
Мост, ВБК, 669,9	16,50	
Мост, ВБК, Нижняя Шексна, 592,8	20,00	16,50
Мост, ВБК, Нижняя Шексна, 589,5	20,50	17,00
Октябрьский мост, ВБК, 538,8	19,70	16,20
Ленинградский мост, 48,0		14,00
Мост Октябрьской ж/д, 49,1		13,80
Мост Московской кольцевой автодороги, 49,9		13,60
Мост у поселки Водинки, 59,6		14,00
Мост Дмитровского шоссе, 61,3		14,00
Мост у нижней головы шлюза №5 канала им. Москвы		15,50
Мост, канал имени Москвы, 97,8		15,30
Мост, канал имени Москвы, 104,4		14,00
Мост, канал имени Москвы, 108,5		14,30
Рогачевский мост, канал им. Москвы, 115,3		14,00
Автодорожный мост, канал им. Москвы, 121,5		16,75
Кимрский мост, Угличский водохранилище, 189,2		16,4
Кашинский мост, Угличское водохранилище, 247,5		15,9
Мост, Рыбинское водохранилище, 365,5		14,3

Источник: [1–3]

Таблица 19
Минимальный запас по высоте ΔH_2 для прохода под
проводами воздушных линий

Расстояние ΔH_2 , м	Напряжение воздушной линии, кВ				
	110	150	220	330	500
От проводов воздушной линии до верхних частей судов при наивысшем уровне воды	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5

Источник: [16]
ограничивает надводный габарит судна $H_{\text{НГ}} = 12,2$ м, при проектном уровне $H_{\text{МС}} = 15,2$ м, что соответствует $H_{\text{НГ}} = 14,8$ м. Минимальная высота пролета моста Московской кольцевой автодороги на 49,9 км $H_{\text{МС}} = 13,6$ м, что ограничивает надводный габарит судна $H_{\text{НГ}} = 13,2$ м.

Пересечения воздушных линий электропередачи. Согласно [8], фактическая надводная высота судна должна отвечать условию $H_{\text{НГ}} \leq H_{\text{ЭП}} - \Delta H_2$, где $H_{\text{ЭП}}$ – наименьшее расстояние проводов воздушных линий от фактического уровня воды, ΔH_2 – минимальный запас по высоте, который зависит от напряжения в линии электропередачи согласно табл. 19.

Наиболее важные для исследуемого бассейна переходы указаны в табл. 20.

СВОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО МАКСИМАЛЬНО ДОПУСКАЕМЫМ РАЗМЕРЕНИЯМ

Сводные результаты анализа максимально допускаемой габаритной длины приведены в табл. 21, максимально до-

Таблица 21
Путевые условия, влияющие на выбор габаритной длины
 L_M судна «Волго-Балт макс» класса

Характеристика	Максимально возможное значение L_M , м
Миним. радиус закругления судового хода: р. Невы $R_{\text{мин}} = 450$ м	148,5 (по Правилам) $L_M \approx 210$ м при снижении скорости хода до 60% от полного хода
р. Москвы $R_{\text{мин}} = 400$ м	132 (по Правилам) $L_M \approx 185$ м при снижении скорости хода до 60% от полного хода
Длина рабочей камеры: Нижнесвицкого шлюза $L_{\text{шк}} = 198$ м	198
шлюза №6 ВБК $L_{\text{шк}} = 263,58$ м	263,58

Таблица 22
Путевые условия, влияющие на выбор габаритной ширины
 B_M судна «Волго-Балт макс» класса

Характеристика	Максимально возможное значение B_M , м
Перепады у Волокова и Анненского мостов на ВБК, ширина судового хода $B_{\text{сх}} = 40$ м	26,8
Подходной канал на шлюзе ВБК №5, ширина судового хода $B_{\text{сх}} = 32$ м	21,4
Мост у нижней головы шлюза №5 канала им. Москвы, ширина судового хода в пролетах моста $B_{\text{сх}} = 30$ м	20,1
Минимальная ширина рейдовых стоянок $B_{\text{сх}} = 60$ м	21,0
Ширина пролета Подпорожского моста (р. Свирь, 1047,4 км) $B_{\text{мс}} = 90$ м	66,0
Миним. ширина камеры шлюза ВБК №2 $B_{\text{шк}} = 17,72$ м	16,95

Таблица 23
Путевые условия, влияющие на выбор осадки d судна
«Волго-Балт макс» класса

Характеристика путей и портопунктов	Максимально возможное значение d , м
Гарантированная глубина судового хода $d_{\text{ввп}} = 4,0$ м	3,80
Северный вокзал города Москвы, $d_{\text{ввп}} = 3,1$ м	2,90
Речной вокзал ОАО «Пассажирский порт», Санкт-Петербург, р. Нева, 1367 км, $d_{\text{ввп}} = 3,2$ м	3,00
Шлюз ВБК №7, минимальные глубины на пороге шлюзов $d_{\text{шп}} = 3,75$ м	3,35

Таблица 24
Путевые условия, влияющие на выбор надводного габарита $H_{\text{НГ}}$ судна «Волго-Балт макс» класса

Характеристика	Максимально возможное значение $H_{\text{НГ}}$, м
Кузьминский мост, р. Нева, 1336,6 км (неразводной пролет), $H_{\text{МС}} = 15,2$ м	14,8
Мост Московской кольцевой автодороги на 49,9 км, $H_{\text{МС}} = 13,6$ м	13,2

Таблица 20
Наименьшее расстояние проводов воздушных линий от фактического уровня воды $H_{\text{ЭП}}$

Участок ВБВП, отстояние от порта Москва, км	Высота перехода $H_{\text{ЭП}}$, м от	
	проектного уровня	максимального уровня
Река Нева, 1366,7	37,6	33,0
Река Нева, 1359,9	38,6	33,0
Река Нева, 1337,4	36,55	34,75
Река Нева, 1327,2	42,1	37,0
Река Нева, 1320,5	41,0	37,0
Река Свирь, 1107,5	45,83	42,60
Река Свирь, 1099,2	33,85	30,30
Река Свирь, 1086,7	40,0	38,60
Река Свирь, 1052,9	31,0	28,0
Река Свирь, 1048,0	34,6	31,6
Река Свирь, 1045,3	42,6	39,6
Река Свирь, 1042,3	33,7	29,9
Река Свирь, 1037,2	40,0	37,5
Река Свирь, 952,1	29,4	28,0
ВБК, 878,7	23,0	22,7
ВБК, 869,2	17,6	16,9
ВБК, 861,0	22,8	22,55
Линия связи, ВБК, 858,7	21,9	21,60
ВБК, 853,4	20,9	19,60
Линия связи, ВБК, 853,3	21,0	19,00
Линия связи, ВБК, 852,9	29,0	27,00
ВБК, 850,4	21,8	20,50
Линия связи, ВБК, 844,6	22,1	20,80
ВБК, 835,4	20,3	19,00
ВБК, 835,0	17,8	16,50
ВБК, 829,5	17,8	16,50
ВБК, 826,0	21,8	20,50
Линия связи, ВБК, 824,4	20,1	18,80
ВБК, 700,1	23,7	23,00
Линия связи, ВБК, 670,5	22,3	21,80
ВБК, 670,1	29,5	29,00
ВБК, 595,1	21,6	20,80
ВБК, 586,4	32,5	28,70
ВБК, 548,1	21,0	17,10
Канал имени Москвы, 48,2-48,4		16,50
Канал имени Москвы, 57,2		18,50
Канал имени Москвы, 59,6		18,60
Канал имени Москвы, 60,5		17,00
Канал имени Москвы, 62,7		16,00
Канал имени Москвы, 66,3		17,00
Канал имени Москвы, 74,7		21,00
Канал имени Москвы, 76,7		17,50
Канал имени Москвы, 92,5		20,00
Канал имени Москвы, 92,7		17,50
Канал имени Москвы, 94,7		15,00
Линия связи, канал имени Москвы, 93,9		14,50
Канал имени Москвы, 97,3		23,00
Канал имени Москвы, 102,3		20,00
Линия связи, канал имени Москвы, 101,8		14,80
Канал имени Москвы, 107,9-108,2		16,00
Линия связи, канал имени Москвы, 103,8		17,50
Линия связи, канал имени Москвы, 115,8		14,00
Канал имени Москвы, 115,4		15,00
Канал имени Москвы, 117,9		17,00
Канал имени Москвы, 124,1		16,00
Канал имени Москвы, 125,6		16,00
Линия связи, канал имени Москвы, 128,8		15,80
Линия связи, канал имени Москвы, 131,3		15,80
Канал имени Москвы, 134,2		15,00
Канал имени Москвы, 139,35		16,00
Канал имени Москвы, 141,05		15,00
Линия связи, канал имени Москвы, 148,2		16,00
Канал имени Москвы, 150,0		16,00
Канал имени Москвы, 151,5		16,00
Канал имени Москвы, 163,4		16,00
Угличское водохранилище, 165,5		16,00
Рыбинское водохранилище, 315,5		21,00

Источник: [1 – 3]

пускаемой ширины – в табл. 22, осадки – в табл. 23 и надводного габарита – в табл. 24.

ВЫВОДЫ

На основе анализа путей условий можно рекомендовать для судна класса «Волго-Балт макс» габаритную длину до 185 м. Уточненные расчеты управляемости по методике Российского Речного Регистра [14] подтверждают, что при исследуемых ограничениях могут быть допущены суда, имеющие полноповоротные винторулевые колонки, которые оказывают положительное влияние на их маневренные свойства судна, с $L_M \leq 185$ м при условии снижения скорости хода во время прохода стесненного места на 46 км примерно до 12 км/ч (60% от полного хода).

Габаритная ширина судна может быть принята в пределах 16,95–20,1 м. Надводный габарит судна может быть равным или меньше 13,2 м (мост Московской кольцевой автодороги на 49,9 км).

Рабочий диапазон осадок судна класса «Волго-Балт макс» изменяется в пределах 2,90–3,80 м.

Пересчет от L_M к значению длины судна по грузовую ватерлинию L может быть выполнен через соответствующие соотношения для различных длин судов смешанного плавания нового поколения, приведенные в работе [5]. Аналогично, расчетная ширина судна может быть определена по формуле $B = B_M - b$, где b – суммарная ширина привального бруса, обычно 0,20–0,40 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР. Т. 2: Водные пути от Москвы до городов Рыбинск, Череповец и Тверь / Министерство транспорта. Главводпуть, 1987, 47 с.
2. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР. Т. 3, ч. I: Волго-Балтийский водный путь. От Санкт-Петербурга до Онежского озера / Министерство транспорта. Росречфлот, 2002, 108 с.
3. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР. Т. 3, ч. II: Волго-Балтийский водный путь. От Онежского озера до

- Рыбинского водохранилища / Министерство транспорта. Главводпуть, 1992, 51 с.
4. ГОСТ 26775–97. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. Введен в действие постановлением Госстроя России №18-25 от 03.07.97, 11 с.
 5. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
 6. Егоров Г.В. Ильницкий И.А., Калугин Я.В. Концепты круизных пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания для российских рек // Морская биржа. – 2013. – № 1 (43). – С. 24–34.
 7. Лесюков В.А. Теория и устройство судов внутреннего плавания. – М.: Транспорт, 1982. – 303 с.
 8. Михайлов А.В. Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. – Ч. I: Внутренние водные пути. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 448 с.
 9. Порты мира. – Кн. 4: Россия. – Ч. 1: Абакан–Колпашево. – СПб: Изд. ЦНИИМФ, 2000. – 559 с.
 10. Порты мира. – Кн. 5: Россия. Ч. 2: Комсомольск-на-Амуре–Поронайск. – СПб: Изд. ЦНИИМФ, 2000. – 519 с.
 11. Порты мира. Кн. 6: Россия. – Ч. 3: Посьет–Ярославль. – СПб: Изд. ЦНИИМФ, 2000. – 575 с.
 12. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации. Утв. Приказом Минтранса №129 от 14.10.02. Зарегистрированы в Минюсте РФ 30.12.02 (регистр. №4088). – М.: РКонсульт, 2004. – 33 с.
 13. Правила пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтранса №100 от 24.07.02. Зарегистрированы в Минюсте РФ 31.07.02 (регистр. №3643). – М.: РКонсульт, 2004. – 24 с.
 14. Расчет маневренности и проведение натуральных маневренных испытаний судов внутреннего и смешанного плавания: Руководство Р.006-2004. – М.: Российский Речной Регистр, 2004. – 38 с.
 15. Речные порты европейской части России. – СПб.: Информ.-аналит. агентство SeaNews, 2006. – 43 с.
 16. Справочник эксплуатационника речного транспорта / М.Д. Амушин, В.С. Бубякин, К.А. Гаринов и др. Под ред. С.М. Пьяных. – М.: Транспорт, 1995. – 360 с. ■

Основной повышению эффективности производственных процессов в транспортных системах, в том числе и на судоремонтном предприятии, является применение автоматизированных систем управления [1, 2]. Данные системы управления наряду с организационными и технологическими преобразованиями судоремонта позволяют качественно изменить функционирование судоремонтного комплекса как сложной организационно-технической системы. Эффективность процесса автоматизированного управления судоремонтным предприятием обусловлена тем, что в качестве базы знаний используются математические модели, новые информационные технологии принятия решений и ресурсосберегающие технологии производственных процессов.

Проводимый в последнее десятилетие комплекс организационных мероприятий по специализации судоремонтных предприятий создает дополнительные предпосылки для эффективного использования в оперативном управлении новых информационных технологий и экономико-математических моделей, поскольку в этом случае удается снизить их размерность (последнее особенно важно при использовании эври-

СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СУДОРЕМОНТА

*Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф., генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,*

*А.П. Нырков, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ФГБОУ ГУМ РФ
им. адм. С.О.Макарова,*

*С.С. Соколов, канд. техн. наук, начальник управления информатизации
ФГБОУ ГУМ РФ,*

*А.А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф., коммерческий директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
контакт. тел. (812) 746 97 33, 349 28 47*

тических квазиоптимизирующих алгоритмов, связанных с перебором некоторого подмножества общей совокупности допустимых планов [3]).

В проблеме совершенствования управления и развития судоремонтных комплексов можно выделить два основных направления: технологическое и общесистемное. «Технологическое» направление связано с разработкой и внедрением новых технологических процессов, ресурсосберегающих тех-

нологий, новых технических средств обработки сырья (корпусные работы, станочные операции, технологические линии). Сюда же относятся работы по совершенствованию методов и способов судоремонта.

Второе, «общесистемное», направление повышения эффективности судоремонтного производства не связано напрямую с существенными затратами и предполагает распространение на действующую структуру судоремонта

теоретико-предсказательных подходов к организации планирования, развития и управления процессами судоремонта и соответственно информационных систем – АИС и АСУ ТП.

Сложная система функционирования судоремонтного предприятия представляет собой многоуровневую структуру из взаимосвязанных частей, объединяемых в подсистемы различных уровней. Большинство типовых практических задач из области управления судоремонтным предприятием и обеспечением необходимых технологических операций судоремонта относятся к поисковым задачам выбора решения в условиях неопределенности как исходных данных, так и целей, с множеством ограничений и необходимостью учета большого количества различных критериев качества и показателей эффективности функционирования. Решение таких задач требует не только развития технологической базы судоремонта, но и максимально возможного использования новых информационных технологий за счет более эффективного использования автоматизированных систем.

Для построения моделей управления процессами функционирования предприятий как сложных организационно-технических систем возможно применение различных видов и способов моделирования. Наиболее целесообразно в условиях неопределенности, на наш взгляд, использовать методы имитационного моделирования [4–7]. Для применения имитационного моделирования в управлении технологическими процессами судоремонта строятся стохастические модели этих процессов.

Пусть технологический процесс осуществляется в условиях, описываемых входным вектором-столбцом X с составляющими X_1, X_2, \dots, X_m . Каждая компонента X_i может быть событием (случайным или детерминированным), либо случайной или детерминированной числовой величиной.

Результирующий вектор-столбец Y состоит из компонент Y_1, Y_2, \dots, Y_n , которые также могут быть и событиями («выполнение договорных обязательств»), и числовыми функциями.

Оптимизация технологического процесса основывается на сравнении реального выходного значения Y с требуемым эталонным значением \hat{Y} . В качестве \hat{Y} можно рассматривать значение результирующего вектора, полученное, например, без учета некоторых ограничений, заведомо ухудшающих функциональные характеристики судоремонтного комплекса. Сам эталон \hat{Y} будем рассматривать как случайный вектор, реализация которого можно получать из имитационных моделей упрощенного технологического процесса. По веро-

ятностным характеристикам результирующего вектора можно сформировать область в n -мерном пространстве, в которую должны попадать в фиксированные моменты времени эталонные реализации \hat{Y} .

При заданных характеристиках входного вектора X результирующий вектор Y определяется оператором $A(Y, X, U)$

$$Y(u) = A(Y, X, U) \cdot X,$$

где $A(Y, X, U)$ – матрица размерности $n \times m$, у которой элемент A_{ij} оценивает вклад j -й компоненты вектора X в формирование i -й составляющей Y ; U – управляющая матрица технологического процесса, элементами которой могут быть как числовые значения параметров, так и события, т.е. в общем случае ее можно рассматривать в качестве блочной матрицы, состоящей из матрицы параметров U_1 и матрицы событий U_2 .

Для сравнения результирующего вектора Y с эталонным значением \hat{Y} рассмотрим функцию потерь $l(Y, \hat{Y})$. Критерием качества технологического процесса при фиксированном состоянии u управляющей матрицы U примем средние потери, т.е. условное математическое ожидание функции потерь

$$\bar{l}(u) = M(l(Y, \hat{Y})/u). \quad (1)$$

Функцию потерь будем выбирать таким образом, чтобы соблюдалось условие: снижение средних потерь ведет к повышению качества технологического процесса. В таком случае критерием оптимальности будет минимальное значение средних потерь

$$\min_u \bar{l}(u) = \min_u M(l(Y, \hat{Y})/u). \quad (2)$$

В качестве простейшей функции потерь можно взять функцию вида

$$l(Y, \hat{Y}) = \begin{cases} l, & \text{при осуществлении } \bar{\omega}; \\ 0, & \text{при осуществлении } \omega. \end{cases} \quad (3)$$

где $\bar{\omega}$ – событие, состоящее в том, что при данной реализации входного вектора X реализация результирующего вектора Y удовлетворяет требованию близости к эталонному значению \hat{Y} , а также удовлетворяются все ограничения наложенные на параметры технологического процесса, l – постоянная величина потерь.

Очевидно, что $\bar{l}(u) = l \cdot P(\bar{\omega}/u)$, и так как $l = \text{const}$, то критерий оптимальности сведется к

$$\min_u P(\bar{\omega}/u) \text{ или } \max_u P(\omega/u), \quad (4)$$

т.е. к максимуму вероятности успешного управленческого решения, регулирующего технологический процесс.

В качестве события $\bar{\omega}$ можно, в частности, рассматривать событие $\{Y \in \delta(\hat{Y})\}$, где $\delta(\hat{Y})$ – доверительная область эталонного значения.

При оптимизации стохастической системы по критерию минимума среднего квадрата отклонения в качестве функции потерь берется

$$l(Y, \hat{Y}) = (Y - \hat{Y})^T (Y - \hat{Y}), \quad (5)$$

где $(Y - \hat{Y})^T$ – транспонированная матрица-столбец $(Y - \hat{Y})$.

Поскольку значения Y и эталонные значения \hat{Y} на практике представляют собой случайные величины, то функция потерь – также случайная величина, отличная от константы. Однако и в этом случае критерий (2) сводится к вероятностному критерию (4).

Рассмотрим две независимые случайные величины V и Z . В качестве V возьмем: $V = l_0 - l(Y, \hat{Y})$, которая при фиксированном состоянии u матрицы U распределена с условной функцией плотности $p_v(v/u)$. Случайная величина Z равномерно распределена на $[0; l_0]$. В качестве события $\bar{\omega}$ возьмем $\{l(Y, \hat{Y}) \leq l_0 - z\} = \{z \leq v\}$. Тогда условную вероятность события $\bar{\omega}$ при фиксированном состоянии u матрицы U можно найти по условной плотности распределения двумерной случайной величины (z, v) . Событию $\bar{\omega}$ соответствует попадание случайной точки (z, v) в треугольную область A на плоскости vOz (рис. 1), если взять $l_0 = \max l(Y, \hat{Y})$.

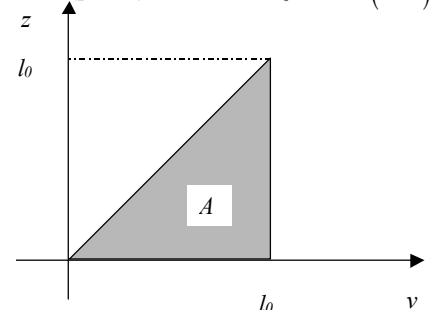


Рис. 1. Благоприятствующая область для события $\bar{\omega}$

Тогда вероятность успешного управленческого решения, регулирующего технологический процесс, находим из соотношения:

$$\begin{aligned} P(\bar{\omega}/u) &= \iint p((z, v)/u) dz dv = \\ &= \int_0^{l_0} dv \left(\int_0^v \frac{1}{l_0} p_v(v/u) dz \right) = \\ &= \frac{1}{l_0} \int_0^{l_0} p_v(v/u) dv \left(\int_0^v dz \right) = \\ &= \frac{1}{l_0} \int_0^{l_0} v \cdot p_v(v/u) dv = \frac{1}{l_0} M(V/u) = \\ &= \frac{1}{l_0} M((l_0 - l(Y, \hat{Y}))/u) = \\ &= \frac{1}{l_0} (l_0 - M(l(Y, \hat{Y})/u)) = \\ &= 1 - \frac{1}{l_0} M(l(Y, \hat{Y})/u). \end{aligned}$$

Таким образом, средняя величина потерь при фиксированном состоянии u определяется соотношением

$$M(l(Y, \hat{Y})/u) = (1 - P(\omega/u)) \cdot l_0.$$

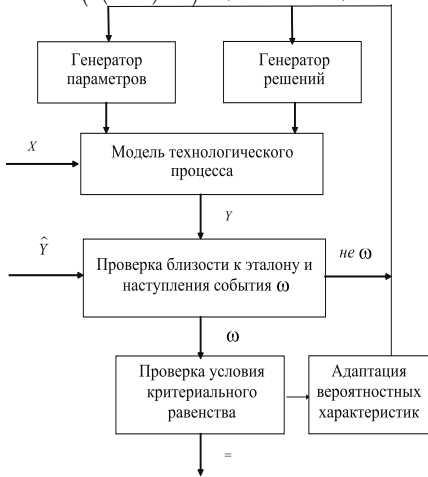


Рис. 2. Схема поиска оптимума

Следовательно, минимум средних потерь достигается при максимуме вероятности события ω .

Вместо события ω можно брать событие $\theta = \omega \cap \omega_1 \cap \dots \cap \omega_n$, где ω_i – событие, состоящее в том, что для значения i -й компоненты результирующей матрицы Y выполняется некоторое условие ограничения. Очевидно, что $P(\theta) \leq P(\omega)$, т.е. максимизация $P(\theta)$ влечет за собой максимизацию $P(\omega)$ и минимизацию средних потерь.

В общем случае оптимизация стохастической системы по критерию (2) осуществляется совместной оптимизацией матриц параметров и решений. Матрица-столбец параметров U_1 состоит из случайных значений параметров $(s_i)_{i \in 1..r}$, имеющих совместное распределение вероятностей с многомерной функцией плотности $p_1(s_1, s_2, \dots, s_r)$. Матрица-столбец событий U_2 состоит из случайных событий $(e_j)_{j \in 1..k}$, каждое из которых является объединением попарно несовместных элементарных событий

$e_j = \bigcup_{i \in J_j} e_{ij}$. Исходя из соотношений для условных вероятностей, можно записать

$$P(\omega/u) = \frac{P(\omega \cap \{U=u\})}{P(U=u)} = \frac{P(\omega)P(u/\omega)}{P(u)}.$$

Вероятность того, что матрица U придет в фиксированное состояние u найдем из следующих соображений. Пусть e_v – состояние матрицы событий U_2 , а E_v – событие, заключающееся в том, что матрица событий U_2 пришла в состояние e_v . Пусть S – событие, состоящее в том, что матрица параметров U_1 пришла в состояние u_1 из некоторой r -мерной области ΔS , которая определена настолько малы-ми приращениями компонент матри-

цы U_1 , чтобы в этой области функция плотности распределения вероятностей была почти постоянной величиной. Состояние u матрицы U определяется совместным осуществлением событий S и E_v , т.е.

$$P(u) = P(E_v \cap S) = P(E_v)P(S/E_v) \approx P(e_v)p(u_1/e_v)\Delta s_1 \dots \Delta s_r,$$

где $p(u_1/e_v) = p_1((s_1, \dots, s_r)/e_v)$ – условная плотность распределения вероятностей компонент матрицы U_1 . Аналогично

$$P(u/\omega) = P((E_v \cap S)/\omega) = P(E_v/\omega)P(S/(\omega \cap E_v)) \approx P(e_v/\omega)p(u_1/(\omega \cap e_v))\Delta s_1 \dots \Delta s_r.$$

В результате получим критерий оптимизации в виде

$$P(\omega/(u_0 \cap e_0)) = \max_{u_1, e_v} \frac{P(\omega)P(e_v/\omega)p(u_1/(\omega \cap e_v))}{P(e_v)p(u_1/e_v)}, \quad (6)$$

где u_0, e_0 – оптимальные состояния матриц U_1 и U_2 , соответственно.

Управленческое решение может быть найдено в рамках стохастической модели технологического процесса с критерием (6), исходя из следующих соображений. Можно предполагать, что условная вероятность $P(\omega/u)$ является выпуклой функцией в области оптимума, т.е. существуют области значений параметров Π_0 и решений E_0 , на которых с некоторой степенью точности выполняется равенство

$$P(\omega/(u_0 \cap e_0)) = P(\omega/u). \quad (7)$$

Так как левая часть равенства (7) представляет собой оптимальное значение критерия оптимизации, для всех значений параметров $u \in \Pi_0$ и для всех событий $e_v \in E_0$ условная вероятность $P(\omega/u) \approx \text{const}$. Это означает, что вероятность события ω не зависит от изменения параметров в области Π_0 , т.е. $P(\omega/u) = P(\omega) = P(\omega/(u_0 \cap e_0))$.

Тогда из критерия (6) следует, что $P(e_v)p(u/e_v) = P(e_v/\omega)p(u/(\omega \cap e_v))$, (8) выполняющееся в областях $u \in \Pi_0$ и $e_v \in E_0$. Поскольку вне этих областей соотношение (8) не выполняется, решение задачи оптимизации сводится к приближению правой и левой частей для произвольно выбранных областей изменения параметров и решений. Решение целесообразно находить методом случайного поиска, идея которого представлена схемой (рис. 2) и состоит в следующем [4, 6, 8].

Состояние технологического процесса задается значениями матрицы параметров U_1 и решениями матрицы событий U_2 . При этом значения параметров зависят от принимаемо-

го решения. Генерация параметров и событий осуществляется сериями в соответствии с их априорными вероятностными характеристиками. Получаемые реализации результирующего вектора Y сравниваются с эталонным вектором \hat{Y} . При осуществлении события ω , т.е. при ситуации, когда выполняются требования, предъявляемые к стохастической модели, и выполняется условие близости Y и \hat{Y} , проводится проверка условия сближения частей критериального равенства (8). Если условие не выполнено, формируются вероятностные характеристики событий $\{e_v/\omega\}, \{u_1/(e_v \cap \omega)\}$ по результатам серии. Априорные характеристики генераторов заменяются на апостериорные. При этом в основу сближения с оптимальным ставится рекуррентное соотношение

$$P_{n+1}(e_v)p_{n+1}(u_1/e_v) = P_n(e_v/\omega)p_n(u_1/(\omega \cap e_v)). \quad (9)$$

В работах [3, 4] показано, что случайный поиск в соответствии с этим соотношением обеспечивает сходимость к оптимальным решениям и параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпуренко А.А. Методы моделирования информационного обеспечения систем управления производством судоремонтных заводов: Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : 05.13.06. – СПб., 2000. – 334 с.
2. Нырков А.П., Дмитриева Т.В., Соколов С.С. Методы повышения эффективности работы портов в рамках международных транспортных коридоров // Речной транспорт (XXI век). – 2009. – Т. 1. – № 42-1. – С. 75–77.
3. Вихров Н.М., Нырков А.П. Модели технологических процессов на транспорте / Под ред. Д.В. Гаскарова. – СПб.: Судостроение, 2002. – 422 с.
4. Нырков А.П. Автоматизированное управление и оптимизация технологических процессов в транспортных узлах : Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : 05.13.06. – СПб., 2003. – 304 с.
5. Нырков А.А., Нырков А.П. Имитационное моделирование транспортных процессов. – СПб.: Изд.СПГУВК, 2010. – 112 с.
6. Нырков А.П. Эффективные информационные модели транспортных процессов / А.П. Нырков, С.С. Соколов, В.Н. Ежгуров, В.А. Мальцев. – Сб. науч. тр. Sworld по материалам международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 13. – № 4. – С. 38–42.
7. Нырков А.П., Дмитриева Т.В. Математическая модель резервирующей системы и оптимизация ее работы // Журнал унта водных коммуникаций. – 2011. – № 2. – С. 98–101.
8. Нырков А.П. Алгоритмы автоматизированного управления технологическими процессами мультимодальных перевозок / А.П. Нырков, В.И. Караваев, Н.П. Багаева, Е.Д. Караваева, С.С. Соколов // Журнал ун-та водных коммуникаций. – 2010. – № 4. – С. 43–53. ■

При реализации программ строительства ледокольного флота, судов-снабженцев, буровых платформ требуется обеспечить максимально комфортное проживание экипажа, особенно в условиях освоения северных районов. Экипажи работают вахтенным методом по четыре–шесть месяцев в холодном климате, поэтому около 50% времени проводят в каютах, в связи с этим эстетически красивое оформление кают, а также функционально удобное расположение необходимых предметов мебели, санузла, бытовой техники являются приоритетными. При создании этих условий необходимо помнить, что главная ценность – это жизнь человека. Безопасность применяемых материалов и конструкций при обустройстве кают следует обеспечивать, исходя в том числе из пожароустойчивости, гипоаллергенности, износостойкости, долговечности.

Сокращение стоимости объекта морской техники, достичь которого можно при уменьшении стапельного и достроечного периодов путем подготовки комплекующих и их оперативного монтажа на объекте, сокращения себестоимости производства отдельных элементов, одним из которых является обустройство жилых помещений и кают.

Независимое проектирование и производство продукции данного направления позволяют снизить цену и улучшить качество. Изготовление кают зависит от потребности и может быть единичным, серийным и массовым.

Как правило, каюты для судов и кораблей изготавливают мелкосерийно, в небольших количествах. Однако производство кают для таких объектов, как

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ В РАМКАХ ОБЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ ОСНАЩЕНИЯ СУДОВ И МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.Г. Филимонов, зам. генерального директора ООО «Мюльхан Морфлот»,
аспирант СПбГМТУ,
контакт. тел. +7 921 999 55 42

круизные теплоходы, морские суда с жилыми модулями, морские буровые и рабочие платформы, требует иной массовой технологии.

Существуют две принципиально различные производственные технологии монтажа кают:

- поточное производство;
- производство по предметно-замкнутому принципу.

Способ изготовления может быть оценен по объективным критериям путем сравнения обеих технологий (см. таблицу).

Массовое изготовление кают возможно при условии внедрения линии поточного изготовления панелей в качестве составных частей систем насыщения кают. Оценка потребности «ОСК» и частных судостроительных и судоремонтных заводов при наличии долгосрочной программы судостроения позволяет говорить о необходимости создания данных видов независимого

производства на территории России, которое будет обеспечивать группу верфей.

Внедрение данной концепции позволит увеличить скорость строительства, повысить качество, снизить стоимость применяемых материалов и в целом объектов морской техники, снять нагрузку с заводов и верфей в части подготовки кают, монтажа, а также отслеживании самых современных материалов и передовых технологий, используемых при обустройстве жилых помещений.

Специализированные компании могут с большей производительностью проводить мониторинг рынка современных технологий, подыскивать наиболее качественные и дешевые решения, организовывать и переоборудовать свои производства под нужды заводов, обучать и готовить персонал для оперативной работы на месте монтажа каждой конкретной каюты по предварительно разработанным планам. ■

Критерии оценки поточного и предметно-замкнутого принципа производства

Таблица

Критерий	Поточное производство	Производство по предметно-замкнутому принципу
Пригодность	Массовое изготовление с высокой повторяемостью	Мелкая серия или изготовлению с отдельно повторяющимися элементами
Место производства	Цех сборки кают	На месте установки
Время монтажа	Процесс изготовления связан с конвейером, определяется время каждого цикла	Индивидуально варьируется
Организация работ	Описание деятельности связано с циклом	Описание деятельности связано с предметом труда
Техническое оснащение	Необходимые предметы и принадлежности должны иметься на конкретном цикле работы	Все необходимые для монтажа предметы и принадлежности должны иметься на каждой монтажной площадке
Согласование времени	Работы точно определяются по времени и в пространстве	В одно и то же время на разных рабочих площадках могут производиться одинаковые работы
Маршрут транспортировки	Конструктивные элементы поставляются для каждого цикла, определяющего конкретные пространства и время	Все конструктивные элементы должны быть доставлены на каждую монтажную площадку
Пространственная гибкость	Перемещение изготовления на конкретную верфь связано с чрезмерными расходами, имеет смысл лишь при большом числе экземпляров	Место изготовления может быть перенесено на место расположения верфи
Поставка	Изготовление происходит с тактовым интервалом	Изготовление происходит на каждой монтажной площадке независимо от других
Квалификация персонала	Специализация для ограниченного числа выполняемых работ	Требуется широкая квалификация для большого числа шагов выполнения работ
Количество рабочих	Количества циклов конвейера	Количества монтажных площадок и требуемого числа экземпляров
Количество монтажных площадок	Зависит от количества циклов, как можно более постоянная равномерная производственная нагрузка	Количество монтажных площадок зависит от места выполнения заказа

Современный уровень развития информационных технологий позволяет приступить к формированию электронных баз знаний в различных областях техники, в том числе в области проектирования судов. Особая значимость исследований в этой области связана с проблемами смены поколений инженерных кадров в судостроении и передачи инженерных знаний от поколения к поколению.

Наличие хорошо структурированной электронной базы знаний, позволяющей накапливать и модифицировать знания, позволит решить указанную задачу.

Знания для электронной базы знаний можно разделить на следующие категории:

- «книжный» источник;
- методика;
- программа расчета, построенная на базе методики;
- параметры расчета.

В базу знаний необходимо внести методики (где указываются ссылки на «книжный» источник), параметры и программы расчета, построенные на основе данных методик.

Процесс проектирования судна разделяется на ряд этапов, каждый из которых характеризуется необходимостью разработки определенного комплекта документов. В связи с большим количеством разрабатываемых документов необходимо иметь систему классификации, позволяющую четко определить «полку» хранения того или иного документа.

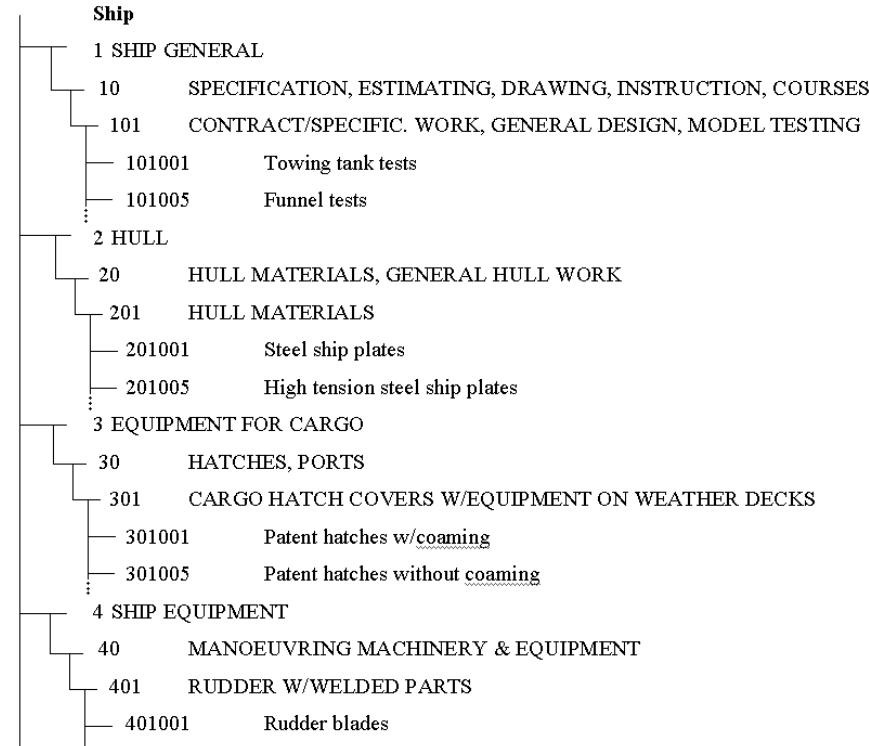


Рис. 1. Схема построения SFI-классификатора

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПОСТРОЙКИ СУДНА

Вай Хуалонг (Vai Xiaolong), преподаватель Института судостроения и океанотехники Инженерного университета,
А. Н. Сулов, проф. СПбГМТУ,
И. В. Щербаков, генеральный директор ООО ПКБ «Петробалт»,
 контакт. тел. (812) 322 66 07

Таблица 1

Формирование расчетной схемы

Тип	Схема	Нагрузка	Момент
а)		$P_1 = N[1 - \frac{1}{2(1+\beta)}] + \frac{M_2}{h(1+\beta)}$ $P_2 = \frac{N}{2} \frac{1}{1+\beta} + F_c \frac{\gamma}{\alpha} - \frac{M_2}{h(1+\beta)} - \frac{M_3}{ah}$ $P_3 = F_c \frac{\alpha - \gamma}{\alpha} + \frac{M_2}{ah}$ $\sum P_i = N + F_c$	$M_1 = 0$ $M_2 = -\frac{Nh}{8} \varphi - \frac{F_c h \gamma (1 - \gamma^2)}{2} \eta$ $\varphi \eta = \frac{1 + 4\beta + 2\beta^2}{(1 + \beta + k_1 \alpha)(1 + \beta)}$ $\eta = \frac{k_1 \alpha^2}{1 + \beta + k_1 \alpha}$ $M_3 = 0$ $M_h = \frac{Nh}{2} (1 + \beta) + \frac{M_2}{1 + \beta}$ $M_{max} = \frac{Nh}{8} (1 + 2\beta) + \frac{M_2 x}{h(1 + \beta)}$ $x = \frac{h}{2} \frac{1 + 2\beta + 2\beta^2}{1 + \beta}$

В качестве основы классификации базы знаний предлагается использовать международный классификатор SFI Group System, созданный Норвежским исследовательским судостроительным

институтом в 1972 г. Этот классификатор представляет собой функциональный классификатор судна, в котором обобщена техническая, технологическая и экономическая информация о судне независимо от его типа и тактико-технических характеристик.

Классификатор ориентирован на использование информации различными пользователями (проектными организациями, судостроительными, судоремонтными предприятиями, судовыми компаниями), начиная от этапа проектирования и заканчивая утилизацией судна.

Данный классификатор активно используется судостроительными предприятиями Европы для хранения и обмена информацией о проектируемых и строящихся судах.

Классификатор SFI представляет из себя иерархическое дерево со следующими ветвями (рис. 1)

Каждый из пунктов базы знаний имеет совокупность параметров. Так, для пункта 40 это могут быть площадь пера руля, диаметр баллера руля и т. д. Определение расчетных нагрузок для рулевого устройства производится по схеме (табл. 1) на основе Правил классификационного общества.

Указанные параметры выступают в виде входной и выходной информации для расчетных программ, т. е. каждая

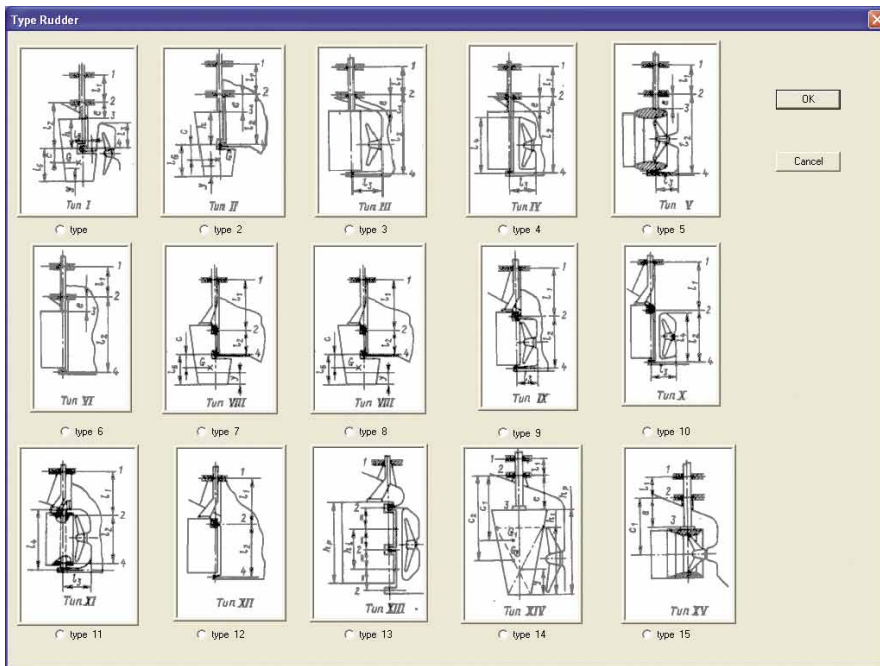


Рис. 2. Выбор типа рулевого устройства

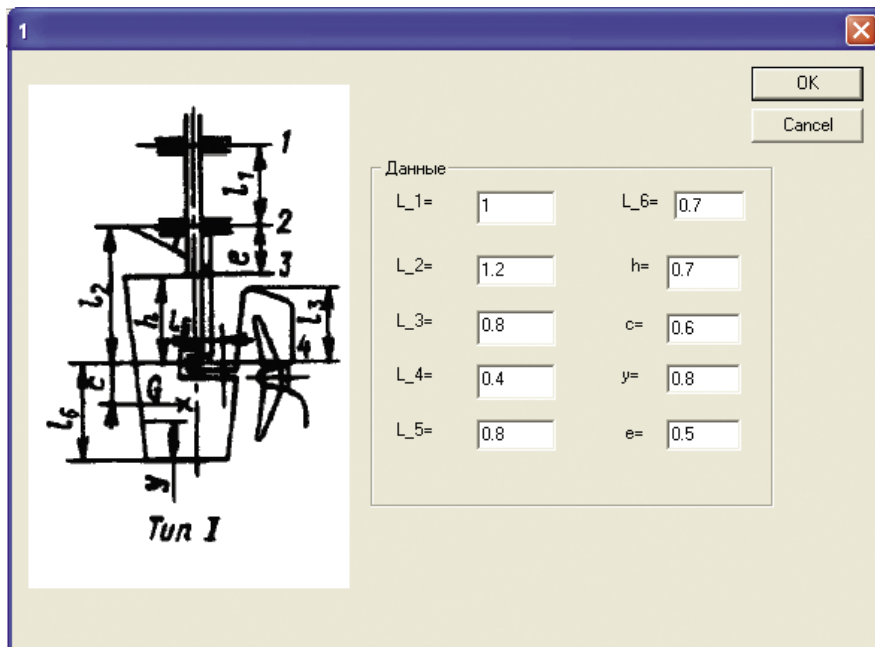


Рис. 3. Определение размеров пера руля

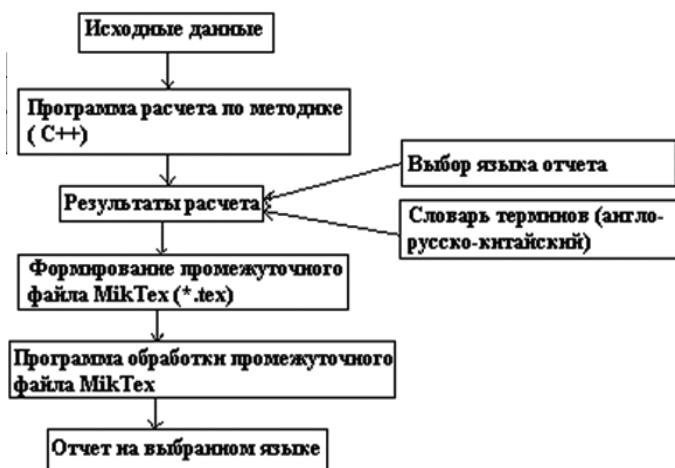


Рис. 4. Схема формирования отчета

из программ представляет собой «открытый черный» ящик, с совокупностью входных и выходных параметров. Необходимые расчетные параметры могут быть определены в виде, представленном на рис. 2 и 3.

Информация о конкретном судне (конкретные значения параметров) хранятся в базе данных, которая разбивается на проекты и прототипы. Прототипы разбиваются по типам судов: танкеры, сухогрузы, контейнеровозы и т.д.

Общая программа по работе с базой знаний позволяет выбрать:

- текущий проект (или новый);
- прототип;
- отдельный расчетный модуль (например, расчет буксировочного сопротивления или расчет винта);
- совокупность расчетных модулей (например, определение буксировочного сопротивления судна, определение характеристик винта, подбор дизеля по каталогам и т.д.), а также:

- откорректировать исходные данные и редко изменяемые данные;
- на основе полученных результатов получить отчетные документы.

При разработке базы знаний особое внимание необходимо уделить созданию отчетов в электронной базе знаний. Необходимость формирования отчетов основывается на требовании формирования выходных документов по каждому выполненному расчету.

В основе предлагаемой схемы формирования отчетов можно использовать универсальный язык формирования отчетов TEX, позволяющий формировать отчет на любом языке (английский, китайский, русский и т.д.). Принципиальная схема использования языка TEX приведена на рис. 4.

Из приведенной схемы видно, что, с одной стороны, с использованием предлагаемого подхода можно сформировать «стандартный» отчет, необходимый многим пользователям, а с другой – при внесении изменений в методику отчеты легко модифицировать необходимым образом.

В настоящий момент авторы статьи активно работают по данному направлению исследования. Разработано необходимое программное обеспечение и создан макет базы знаний для тестирования в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бай Сао Лун, Сулов А. Н., Щербаков И. В. Анализ на соответствие проекта судна действующим Правилам и Конвенциям // Морской вестник. – СПб. – 2009. – №. 3 (28). – С. 33–34.
2. L. Lamport. LATEX. A Document Preparation System, User's Guide and Reference Manual. – Addison-Wesley, 1994. ■

Авхвальные пропульсивные комплексы с частично погруженными винтами (ЧПВ) применяются на судах различного назначения и обеспечивают скорость хода до 53 уз (рис. 1).

В качестве главных двигателей 1 используют судовые четырехтактные, десятицилиндровые, V-образные дизели MTU серии V2000 мощностью от 1120 до 1340 кВт. Максимальная частота вращения коленчатого вала дизеля – 2450 мин⁻¹, на холостом ходу – 600 мин⁻¹ [1]. Редуктор ZF 2 реверсивный, на нем установлен гидронасос системы гидравлики привода Арнесона.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОПУЛЬСИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ЧАСТИЧНО ПОГРУЖЕННЫМИ ВИНТАМИ

Н. И. Николаев, канд. техн. наук, проф.,
М. В. Гриценко, канд. техн. наук, проф.,
А. С. Жильцов, преподаватель, ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, Анапа,
 контакт. тел. 8 (928) 432 10 75, 9 (928) 438 18 79

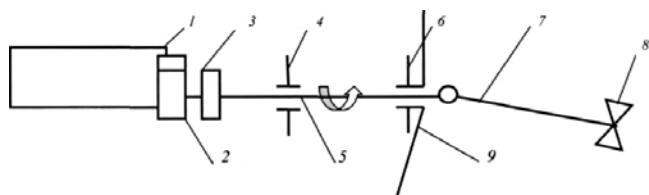


Рис. 1. Кинематическая схема пропульсивного комплекса судна с ЧПВ

1 – главный двигатель; 2 – редуктор; 3 – эластичная муфта; 4, 6 – переборочное уплотнение; 5 – промежуточный вал; 7 – привод Арнесона; 8 – гребной винт; 9 – корпус (транец) судна.

Промежуточный вал CENTADISC 5, передает крутящий момент от выходного фланца дизеля к фланцу привода Арнесона. В местах прохода промежуточных валов через переборки установлены переборочные уплотнители «ProfiSeal» 4, 6. Привод Арнесона (рис. 2) крепится фланцем к транцу судна, его подвижная часть подвешивается к транцу системой гидроцилиндров (рис. 3).



Рис. 2. Привод Арнесона

Привод Арнесон (рис. 3) состоит из следующих элементов: упорной трубы 7, в которой расположен гребной вал 8 с опорным 9 и упорным подшипниками 11, кардана 12, входного вала 1 с двумя опорными подшипниками, упорного шарнира 2; гребного винта, двух гидроцилиндров наклона 4, двух гидроцилиндров поворота 3[2].

Поворотная дейдвудная труба закреплена к транцу судна и соединена со сфершарниром (рис. 4). Кардан (рис. 5) соединяет гребной вал с промежуточным валом и вращается в подшипниках транцевого стакана.

Гребной вал вращается в опорных и упорных подшипниках поворотной дейдвудной трубы. Упор от гребного винта через дейдвуд на транец воспринимает упорный подшипник (рис. 6).

Гребной винт – частично погруженный, фиксированного шага, шестилопастной установлен на гребном валу привода Арнесона (см. рис. 2). Направление правого гребного винта – по часовой стрелке, левого – против часовой стрелки [3].

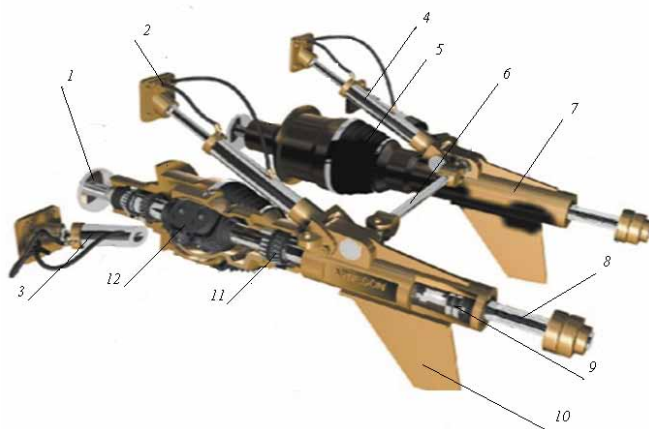


Рис. 3. Конструкция привода Арнесона

1 – входной вал; 2 – упорный шарнир гидроцилиндра; 3 – гидроцилиндр поворота; 4 – гидроцилиндр наклона; 5 – защитный чехол; 6 – поперечина; 7 – поворотная дейдвудная труба; 8 – гребной вал; 9 – опорный подшипник; 10 – плавник; 11 – упорный подшипник; 12 – кардан



Рис. 4. Сфершарнир



Рис. 5. Кардан



Рис. 6. Упорный подшипник

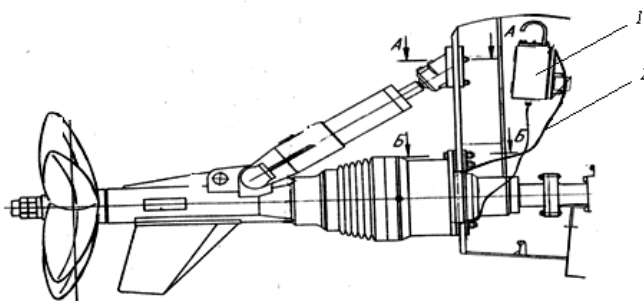


Рис. 7. Смазка привода Арнесона
 1 – маслобак; 2 – шланги

Система смазки каждого привода автономна. Смазка входного вала, гребного вала и соединяющего их кардана производится маслом из подпорного масляного бака 1 по шлангам 2, заполняющим внутреннюю полость поворотной дейдвудной трубы (рис. 7) [4].

Управление приводом осуществляется системами гидравлики с помощью поворота и наклона гребных валов.

В целях обеспечения оптимального заглубления гребных винтов наклон гребных валов может быть изменен на угол от $+7^\circ$ до -7° от установочного положения. Для изменения направления движения судна, соединенные поперечиной гребные валы могут поворачиваться на угол 20° от диаметральной плоскости на каждый борт [5].

Анализ загрузки исследуемых судов за 2011–2012 гг. эксплуатирующихся в портах Черноморско-Азовского бассейна показал, что средняя наработка составила 2,8 – 5,5% от годового фонда рабочего времени эксплуатации (рис. 8). Это вызвано низкой мореходностью (запрет использования судов при волнении моря свыше 3 баллов) и существующей сложностью в организации технической эксплуатации.

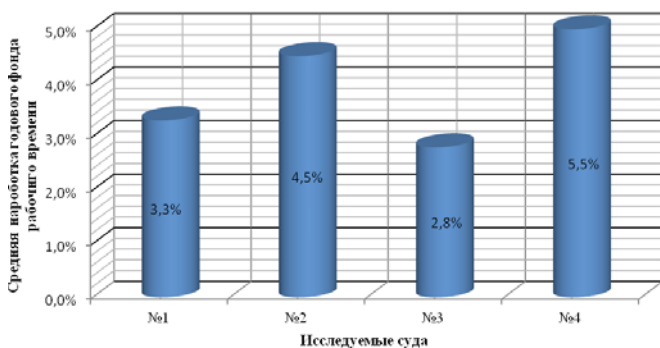


Рис. 8. Загруженность исследуемых судов с ЧПВ

На круговой диаграмме (рис. 9) приводятся данные по времени эксплуатации главных двигателей на различных режимах.

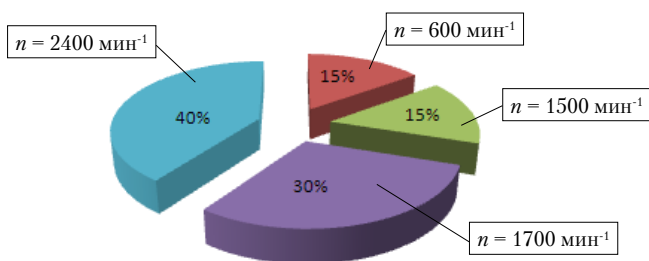


Рис. 9. Время эксплуатации главных двигателей исследуемых судов с ЧПВ на различных режимах

Продолжительность загрузки судов в летний период практически в 2 раза превышает загрузку в зимний период. В замерзающих акваториях суда консервируются с установкой на кильблоки.

За период эксплуатации исследуемых судов от момента постройки до конца 2012 г. был выполнен анализ отказов и неисправностей пропульсивного комплекса с ЧПВ. Источниками информации служили протоколы сдаточных испытаний; формуляры технического состояния; вахтенные журналы и журналы технических средств; акты рекламаций и ремонта привода Арнесона; ремонтные ведомости, сметы на ремонт и отчетная калькуляция.

Выделены шесть основных функциональных узлов для производства измерений и оценки технического состояния элементов пропульсивного комплекса (рис. 10).

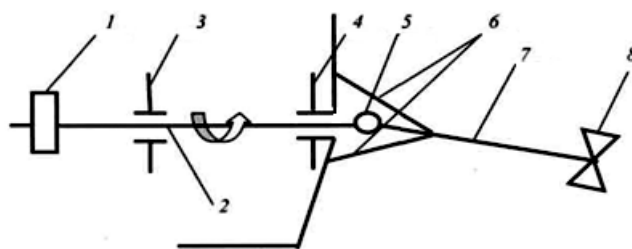


Рис. 10. Основные функциональные узлы для производства измерений и оценки технического состояния элементов пропульсивного комплекса

1 – эластичная муфта; 2 – промежуточный вал; 3, 4 – переборочные уплотнения; 5 – сфероподшипник; 6 – гидроцилиндры подъема и поворота; 7 – система гидравлики; 8 – гребной винт

Данные об отказах и неисправностях пропульсивного комплекса исследуемых судов с частично погруженными винтами приведены в табл. 1.

Таблица 1
Данные по отказам и неисправностям пропульсивного комплекса исследуемых судов с частично погруженными винтами

Основной узел	Суда с приводами Арнесона												Всего		
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 6		ЛБ	ПБ	
	ЛБ	ПБ	ЛБ	ПБ	ЛБ	ПБ	ЛБ	ПБ	ЛБ	ПБ	ЛБ	ПБ			
Эластичная муфта							4							4	
Промежуточный вал				1			3							2	
Переборочное уплотнение															
Сфероподшипник	1			1	1									2	1
Система гидравлики	1	5	3	2	1	4	3	5	1	2	4	2	13	20	
Гребной вал															
Гребной винт															
Корпус судна (транец)												1		1	
Общее количество отказов:	2	5	4	3	2	4	10	5	1	2	5	2	43		

Качественный анализ отказов и повреждений пропульсивного комплекса исследуемых судов с ЧПВ выявил:

- чрезмерный шум и вибрация наблюдались практически на всех судах;
- нарушение центровки между главным и промежуточным валом наблюдались на судах № 2 и № 4;
- на судне № 6 появились трещины на транце судна в местах крепления приводов Арнесона левого и правого борта (рис. 11);

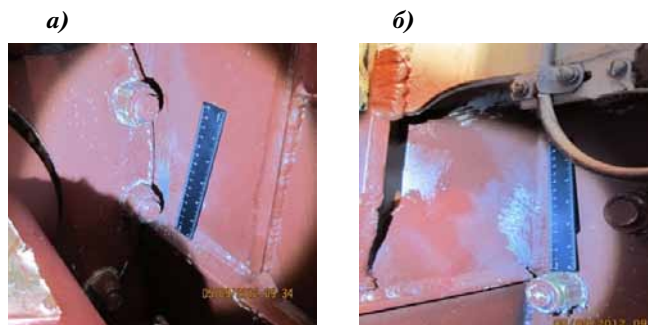


Рис. 11. Трещины на транце судна в местах крепления привода Арнесона: а – правый борт; б – левый борт

– на судне № 4 произошел обрыв эластичной муфты (рис. 12) из-за стопорения привода Арнесона левого борта, вследствие перегрева упорного подшипника (рис. 14) с износом его уплотнительных прокладок (рис. 13).



Рис. 12. Обрыв эластичной муфты



Рис. 13. Коробление уплотнительных прокладок упорного подшипника привода Арнесона

– на судах № 1 – № 3 происходило повреждение защитных чехлов (рис. 15) с последующим вымыванием смазки сферошарнира (рис. 16);

– падение уровня масла в подпорных масляных цистернах наблюдалось на судах № 3 и № 5.

Значительное количество отказов дают уплотнения системы гидравлики, которые являются следствием ослаблением крепления гидравлических тяг к транцу судна, разрывом гибких шлангов и морским обрастанием гидроцилиндров (рис. 17).



Рис. 14. Внешняя обойма упорного подшипника



Рис. 15. Пористость резины чехлов сферошарнира



Рис. 16. Износ сферошарнира

Неисправности электрической части были вызваны выходом из строя датчиков горизонтального и вертикального управления приводами Арнесона.

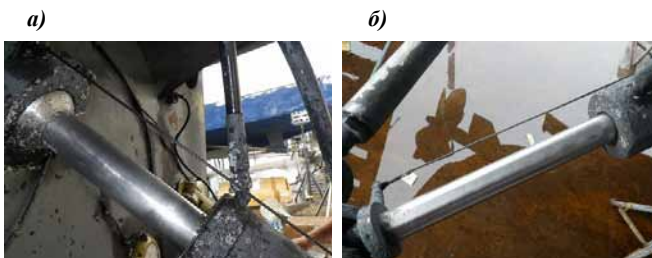


Рис. 17. Обрастание гидроцилиндров: а – гидроцилиндры подъема; б – гидроцилиндры поворота.

Неисправности в виде дерева отказов пропульсивного комплекса судов с ЧПВ представлены на (рис. 18).

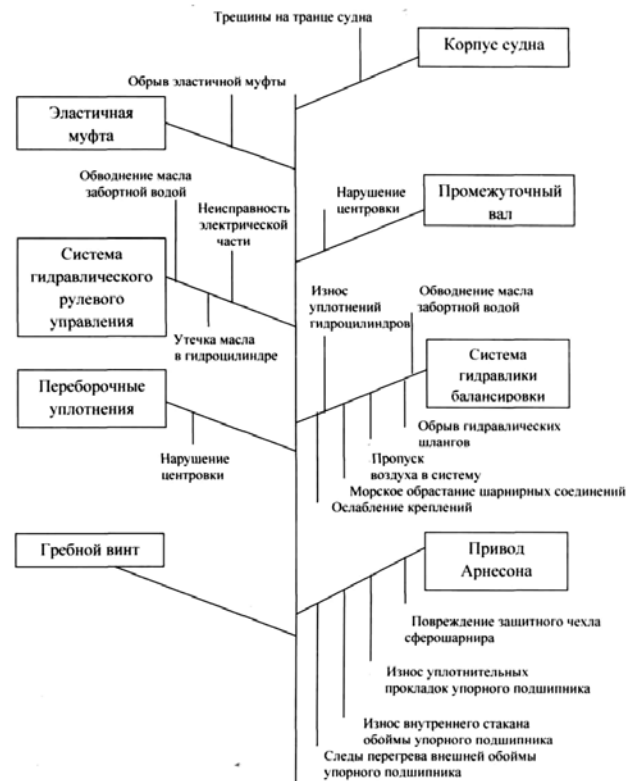


Рис. 18. Дерево отказов пропульсивного комплекса судов с ЧПВ

Согласно инструкции по эксплуатации, ремонт привода Арнесона следует проводить вместе с капитальным ремонтом главных двигателей (6000 часов), однако 80% всех его неисправностей возникают при эксплуатации судна в гарантийный период. Ресурс узлов и нормирующие показатели технического состояния привода Арнесона изготовители не приводят.

Опираясь на руководящие документы, есть все основания рекомендовать введение на судах системы контроля, позволяющие оценивать техническое состояние судов на основе неразрушающих методов контроля. С этой целью на базе судов с частично погруженными винтами была начата разработка методик контроля технического состояния пропульсивного комплекса на основе безразборных методов диагностики согласно требованиям руководящих документов РС и нормативно-технической документацией [6].

ЛИТЕРАТУРА

- 12200.360084.001 ТО: Энергетическая установка. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Ч. 1: Главные двигатели и дизель-генераторы.
- ТМ-2100–68828: Инструкция по эксплуатации для специального уплотнения типа 2100, подходящего к приводам подходящего к приводам ASD-14 фирмы «Twin Disc».
- 12200.360084.001 ТО1: Энергетическая установка. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Ч. 2: Валопроводы и движители.
- 12150.360085.105 ТО: Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
- 12200.360085.001: Судовые системы. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Ч. 5. Системы гидравлики приводов Арнесона..
- Международный стандарт ИСО 13373–1:2002. Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. – Ч. 1: Общие методы. – Первое изд., 2002. ■

Согласно ГОСТ18311–80, под электротехническим устройством понимается устройство, предназначенное для производства, преобразования, распределения, передачи и использования электрической энергии или для ограничения возможности ее передачи.

Любое электротехническое устройство (ЭТУ) с системных позиций состоит из совокупности связанных между собой элементов. Отдельные элементы – это части или компоненты ЭТУ, предназначенные для выполнения определенных функций и не подлежащие дальнейшему разбиению на части.

Понятие «элемент» – весьма условное, и «расчленение» ЭТУ на элементы может быть выполнено неоднозначно. В работе рассматриваются ЭТУ, элементами которых являются резисторы, конденсаторы, индуктивности, транзисторы, микросхемы и т.п. Это могут быть усилители, преобразователи, фильтры, корректирующие устройства и т.д., которые, в свою очередь, являются элементами электротехнических систем.

Состояние ЭТУ характеризуется некоторым набором или вектором параметров, среди которых можно выделить:

- внутренние параметры $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$, определяющие допусковую область D_x , которые характеризуют состояние комплектующих элементов ЭТУ и называются также первичными параметрами;

- внутренние параметры $\mathbf{Z}^v = (Z_1^v, Z_2^v, \dots, Z_g^v, \dots, Z_c^v)$, определяющие допусковую область D_z , которые характеризуют фазовые переменные на выходах элементов системы, $v = \overline{1, h}$, h – число элементов;

- выходные параметры $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m)$, определяющие допусковую область D_y , которые характеризуют различные функциональные зависимости переменных $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_g, \dots, Z_c)$ на выходе элементов ЭТУ.

Область допустимых изменений первичных параметров \mathbf{X} (область работоспособности) $G = D_x \cap M_z \cap M_y$ определяется неравенствами:

$$Y_{j\min} \leq Y_j = F_j(\mathbf{X}) \leq Y_{j\max}, j = \overline{1, m} \rightarrow M_y;$$

$$Z_{j\min}^v \leq Z_j^v = F_j^v(\mathbf{X}) \leq Z_{j\max}^v, v = \overline{1, h} \rightarrow M_z; \quad (1)$$

$$X_{i\min} \leq X_i \leq X_{i\max}, i = \overline{1, n} \rightarrow D_x,$$

где $Y_{j\max}$ ($Z_{j\max}^v$), $Y_{j\min}$ ($Z_{j\min}^v$), Y_j (Z_j^v) – соответственно максимально и минимально допустимые значения j -го выходного Y_j (i -го внутреннего Z_j^v) параметра; F – оператор связи первичных параметров с внутренними Z^v и выходными Y параметрами; $X_{i\min}$ и $X_{i\max}$ – предельно допустимые значения первичных параметров.

ОПТИМАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

А.В. Саушев, канд. техн. наук, проф., ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, контакт. тел. +7 921 755 8976

Области M_z и M_y – это соответственно отображением областей D_z и D_y в пространство первичных параметров системы. Их объединение характеризует допусковую область M , $M = M_z \cap M_y$.

Область S , определяющая допустимые пределы изменения первичных параметров системы и классы точности ее комплектующих элементов, является частью области G в виде вписанного в нее гиперпараллелепипеда или гиперкуба максимально возможного объема или периметра (на рис. 1 показана пун-

задачами настройки. Вместе с тем во многих случаях, несмотря на стремление создавать ЭТУ без элементов регулировки, настройка является единственным способом обеспечения заданных технических характеристик. Известным работам, в которых задачи настройки рассматриваются с позиций общего параметрического синтеза, при этом те же недостатки и ограничения, которые имеют место при анализе работ, посвященных параметрическому синтезу ЭТУ [1].

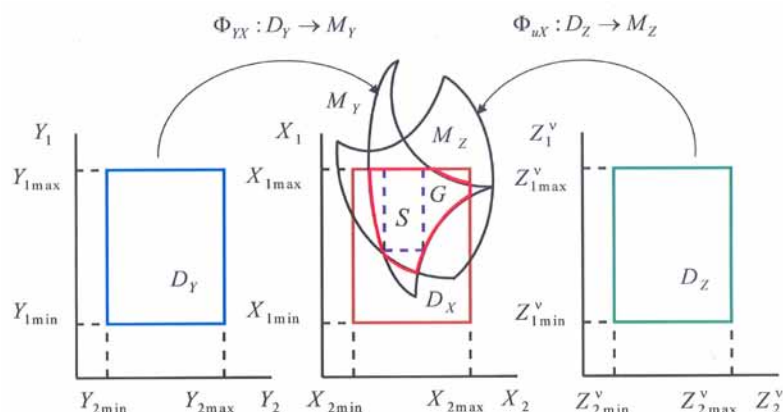


Рис. 1. Геометрическая иллюстрация условий работоспособности ЭТУ

ктиром) или тождественно ей равна.

К допускам на параметра большинства аналоговых ЭТУ предъявляются жесткие требования. Реализация этих требований может привести к экономически невыгодным либо технологически трудно выполнимым расчетным значениям допусков на первичные параметры. В подобных случаях в технологический процесс изготовления ЭТУ вводится этап настройки, который предназначен для компенсации погрешностей параметров ЭТУ, появляющихся в процессе ее производства. Таким образом, целью введения этапа настройки в технологический процесс изготовления ЭТУ является расширение допусков на первичные параметры до экономически или технологически возможных значений по сравнению с ненастраиваемыми ЭТУ.

Введение в ЭТУ настраиваемых параметров позволяет на стадии производства оптимизировать их работу и обеспечивать работоспособное состояние на стадии эксплуатации.

Задачи параметрического синтеза долгое время никак не связывались с

Сформулируем задачи настройки ЭТУ и рассмотрим решение основных из них с позиций общего параметрического синтеза на базе методологии, основанной на информации о границе области работоспособности устройства [2].

К основным задачам настройки относятся: выбор совокупности параметров, которыми наиболее целесообразно осуществлять регулировку; определение необходимых диапазонов изменения и максимально допустимых шагов квантования (МДШК) настраиваемых параметров; определение оптимальных значений параметров, устанавливаемых в процессе настройки, с учетом последующих временных изменений этих параметров; определение моментов времени, в которые необходимо осуществлять эксплуатационные регулировки.

Рассмотрим решение первых двух задач на примере настройки устройства допускового контроля частоты сети (УДКЧ) судовой электростанции, которое предназначено для измерения текущего значения частоты сети, сравнения ее значения с нижней и верхней устав-

ками и выдачи сигнала для выработки управляющего воздействия в случае выхода текущего значения частоты за допустимые пределы. При этом сравниваются не сами частоты, а временные интервалы (импульсы), пропорциональные их значениям. Для выработки

реализует требуемые функции во всех заданных режимах работы.

Из пассивных элементов и одного комплекта активных элементов выполнялась сборка макета ПСВУ. По разработанным алгоритмам определялась область работоспособности собранно-

лов путем их дальнейшего сужения по соответственным критериям. Один из возможных путей такого сужения сводится к следующему: из интервала, определяемого минимальными пределами параметра C_2 , выбирается и фиксируется какое-либо конкретное значение. При этом значении параметра C_2 на базе семейства областей $\{G_{\mu}(t_i)\}$ формируется совокупность параметра R_2 . Обозначим эту совокупность через $[R_{2\min}]$, где $R_{2\min}$ – минимальное значение параметра R_2 . Предположим, что предпочтение отдано совокупности $[R_{2\min}]$. Поскольку каждый член этой совокупности – это реализация случайной величины $R_{2\min}$, то можно найти закон ее распределения.

Если выбрать в качестве критерия сужения минимальных пределов значений параметра R_2 вероятность работоспособного состояния УДКЧ, то, задав значение этой вероятности и зная закон распределения величины $\{R_{2\min}\}$, можно определить пределы изменения параметра R_2 , которые обеспечивают это значение вероятности. Оптимальными пределами являются значения параметра R_2 , составляющие наименьший интервал, по которому необходимо интегрировать плотность вероятности случайной величины $R_{2\min}$, чтобы получить заданную вероятность работоспособного состояния УДКЧ.

В соответствии с рекомендациями [3] и с учетом того, что минимальное значение параметра R_2 теоретически может изменяться в пределах от 0 до ∞ , в качестве гипотезы о законе распределения случайной величины $R_{2\min}$ при $C_2 = 0,01$ мкФ было выбрано логарифмически нормальное распределение, плотность которого имеет вид:

$$f(R_{2\min}, \vartheta, \sigma) = \frac{1}{\sigma R_{2\min} \sqrt{2\pi}} \times \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln R_{2\min} - \vartheta)^2\right].$$

Гипотеза о выбранном законе распределения при полученных параметрах $\bar{\vartheta} = 4,87$ и $\sigma^2 = 0,076$ была подтверждена с помощью критерия W , значение которого получилось равным 0,938 [3]. Если вероятность работоспособного состояния УДКЧ принять равной 0,95 (уровень значимости равен 0,05), то оптимальные пределы изменения параметра составляют интервал $R_{2\min} \in [80; 232]$ кОм.

Оптимальные пределы для параметра C_2 определялись аналогично. Затем устанавливался МДШК для параметра R_2 .

Согласно заданным техническими условиям и рекомендациям стандарта, устройство подвергалось воздействию повышенной температуры. С этой целью оно помещалось в термокамеру, нагревалось до температуры $t_2 = 70^\circ\text{C}$ и выдерживалось при этой температуре

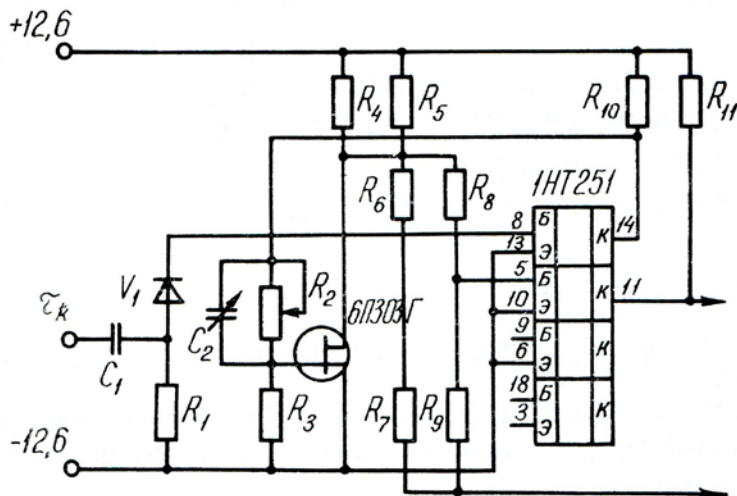


Рис. 2. Пороговая схема верхней уставки (ПСВУ) УДКЧ

верхнего и нижнего эталонных импульсов служат пороговые схемы (рис. 2).

Согласно техническим условиям точность поддержания длительности эталонного импульса, вырабатываемого верхней уставкой, должна быть не менее 1,5%. Это требование можно представить в виде неравенства

$$\tau_{\min} \leq 1201,5 \cdot 10^{-6} c \leq \tau \leq 1238,1 \cdot 10^{-6} c = \tau_{\max},$$

где $\tau_{\min}, \tau_{\max}, \tau$ – соответственно минимальное, максимальное и текущее значения длительности эталонного импульса ПСВУ.

Обеспечить требуемую точность импульса без введения настраиваемых элементов оказалось невозможным, так как на формирование и поддержание импульса в значительной степени влияют изменение температуры окружающей среды и технологический разброс параметров комплектующих элементов. В качестве настраиваемых элементов были выбраны резистор R_2 и конденсатор C_2 . Оптимальные пределы измерения и максимально допустимые шаги квантования (МДШК) параметров этих элементов определялись следующим образом: из массива комплектующих элементов выбирали ν комплектов активных элементов и один комплект пассивных элементов с номинальными значениями параметров. К активным относятся элементы, параметры которых зависят от режима работы по постоянному току (диоды, транзисторы и т.д.). Остальные элементы являются пассивными. Комплект содержит минимальное количество элементов, при которых схема

го макета при максимально возможных пределах изменения параметров R_2 и C_2 . Эта область обозначалась через $G_{\mu}(t_i)$, ($\mu = 1, \nu$). Затем в макете заменялся комплект активных элементов. В результате было получено семейство областей $G_{\mu}(t_i)$, $\{\mu = 1, \nu, \nu = 29\}$. В качестве примера в табл. 1 приведены значения R_2 и C_2 для третьего комплекта активных элементов, по которым строилась область работоспособности.

Таблица 1

Значение параметров для третьего комплекта активных элементов УДКЧ

$C_2 \cdot 10^3$, пФ	$R_{2\min}$, кОм	$R_{2\max}$, кОм	$R_{2\min}$, кОм	$R_{2\max}$, кОм
	$t = 20^\circ\text{C}$		$t = 70^\circ\text{C}$	
	8	169,4	174,6	170,9
10	132,0	135,9	133,1	137,0
12	108,0	111,1	109,2	112,5
14	91,4	93,9	92,5	95,2
16	79,3	81,5	80,3	82,7
18	70,1	72,0	74,0	73,1

Далее определялись оптимальные пределы изменения параметров R_2 и C_2 . Первоначально сужались пределы изменения параметров этих элементов от максимально возможных до минимальных. Минимальными являются пределы, определяемые диапазоном изменения R_2 и C_2 от самого малого значения, принадлежащего какой-либо границе области из семейства $[G_{\mu}(t_i)]$. Для исследуемых параметров минимальными оказались пределы $R_2 \in [45; 0; 264,9]$ кОм; $C_2 \in [0,08; 0,019]$ мкФ.

Оптимальные пределы устанавливались на основе минимальных преде-

Граничные значения параметра R_2 для всех пассивных элементов УДКЧ при фиксированном значении параметра C_2

Пассивный элемент	R_{2min}^+ , кОм	R_{2min}^- , кОм	R_{2max}^+ , кОм	R_{2max}^- , кОм
	+ Δ	- Δ	+ Δ	- Δ
R1-30 кОм	133,0	132,9	136,9	136,7
R3-1 кОм	131,7	133,3	135,7	136,9
R4-3 кОм	132,1	133,0	136,0	136,9
R5-9,1 кОм	132,8	132,8	136,8	136,6
R6-9,1 кОм	136,4	129,5	140,2	133,2
R7-100кОм	130,0	134,7	134,1	138,9
R8-8,2 кОм	132,5	134,0	136,47	137,9
R9-100 кОм	132,7	132,6	136,6	136,5
R10-1 кОм	131,1	136,1	135,0	140,1
R11-1 кОм	131,9	133,7	135,8	137,7
C1-1500 пФ	132,0	132,0	132,0	132,0

Таблица 3

Разность граничных значений параметра R_2

$C_2 \cdot 10^3$, пФ	R_{2min}^+ , кОм	R_{2max}^+ , кОм	$\Delta R = R_{2max}^+ - R_{2min}^+$, кОм
10	134,02	135,90	1,88
12	109,68	111,07	1,39
14	92,99	93,89	0,90
16	80,75	81,50	0,75
18	71,44	72,00	0,56

в течение двух часов. После этого определялась его область работоспособности $G_{\mu}(t_2)$. Затем такому же температурно-воздействию подвергался следующий комплект активных элементов и аналогичным образом определялась его область работоспособности. В результате эксперимента были найдены области $G_{\mu}(t_2)$ для всех комплектов активных элементов. В табл. 1 приведены значения R_2 и C_2 при температуре $t_2 = 70$ °С для третьего комплекта активных элементов, по которым строится область работоспособности устройства $G_3(t_2)$. Пассивные элементы УДКЧ имеют при этом номинальные значения.

Затем в устройстве был установлен третий комплект активных элементов, у которого значения параметров R_2 и C_2 наиболее близки к средним. Для каждого пассивного элемента находили значения параметров с положительным допуском (+ Δ) и область работоспособности $G_i^{(+)}$. Тот же элемент заменялся другим, с отрицательным допуском (- Δ), и определялась область работоспособности $G_i^{(-)}$. Указанные операции повторяли для всех пассивных элементов, в результате чего было получено семейство областей $\{G_i^{(-)}\}$ и $\{G_i^{(+)}\}$. Далее определяли область компромиссов G_k . Для этого полученные семейства областей $\{G_{\mu}(t_1)$, $G_{\mu}(t_2)$, $\{G_i^{(-)}$ и $\{G_i^{(+)}\}$ объединялись, путем наложения друг на друга и фиксировалась одна область, удовлетворяющая всем заданным требованиям.

МДШК для параметра R_2 определялся как наименьшая разность его граничных значений R_{2kmin} и, принадлежащих области компромиссов G_k при фиксированном значении параметра C_2 .

При наложении построенных областей друг на друга для УДКЧ выяснилось, что область компромиссов отсутствует. Причиной этого являлся значительный технологический разброс параметров комплектующих элементов. Наглядное представление о степени разброса дает табл. 2, в которой приведены граничные значения параметра R_2 для всех пассивных элементов при фиксированном значении параметра $C_2 = 0,01$ мкФ.

Согласно табличным данным, наибольшее влияние на размеры области работоспособности оказывают следующие факторы: разброс параметров резистора R_6 , увеличение сопротивления R_7 и уменьшение сопротивления R_{10} . Область компромиссов G_k получается в том случае, когда номинальными являются значения сопротивлений R_6 , R_7 , R_{10} . Значения параметров R_2 и C_2 , соответствующие границе области G_k и разность граничных значений параметра R_2 приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, МДШК резистора R_2 должен быть не более 0,56

кОм при изменении емкости в пределах $C_2 \in [0,01; 0,018]$ мкФ.

В качестве критерия оптимизации УДКЧ использовался максимальный запас работоспособности. Выбора данного критерия для оптимизации устройств водного транспорта обоснован в работе [4].

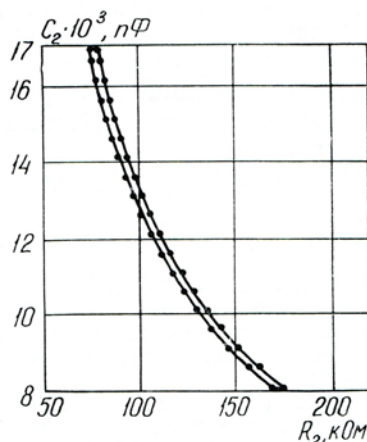


Рис. 3. Область работоспособности УДКЧ

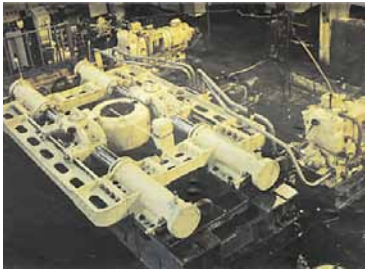
На первом этапе оптимизации в пространстве параметров настраиваемых элементов R_2 и C_2 экспериментально была определена область работоспособности, граничные точки и вид которой приведены на рис. 3. Для оптимизации этих параметров использовался метод сужающих областей [4, 5], который позволяет решать поставленную задачу произвольной формы области работоспособности. С учетом априорной информации о граничных точках исходной

области для оптимизации был выбран поисковый алгоритм, рассмотренный в работе [6]. Оптимальные значения параметров получились равными $R_2 = 108$ кОм, $C_2 = 12,6 \times 10^3$ пФ.

Вывод: рассмотренный подход позволяет объединить воедино задачу определения номиналов и допусков на параметры элементов судовых электротехнических устройств с учетом технологического разброса параметров их комплектующих элементов и изменения этих параметров под действием условий окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов О.В. Параметрический синтез стохастических систем с учетом требований надежности. – М.: Наука, 1992. – 176 с.
2. Саушев А.В. Методы управления состоянием электротехнических систем. – СПб.: Изд.СПГУВК, 2004. – 126 с.
3. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969. – 400 с.
4. Саушев А.В. Построение целевой функции при поиске оптимального решения // Морской вестник. – 2012. – № 3 (43). – С. 49–55.
5. Он же. Метод и алгоритмы параметрического синтеза электротехнических систем по критерию запаса работоспособности // Информационные технологии. – 2012. – №12. – С. 24–29.
6. Он же. Аналитический и поисковый методы параметрической оптимизации технических систем по критерию запаса работоспособности // Журнал ун-та водных коммуникаций. – 2011. – Вып. 3 (XI). – С. 27–37. ■



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.



Устройства молекулярной модификации моторного топлива позволяют с ничтожно малыми затратами электрической энергии изменять фракционный состав моторного топлива, что приводит к существенному улучшению экономических и экологических характеристик работы ДВС. Однако до последнего времени оставался открытым вопрос о влиянии молекулярно модифицированного моторного топлива на ресурс бензиновых и дизельных двигателей. Поэтому в июне–июле 2012 г. были проведены длительные (ресурсные) испытания впрыскового двигателя «ВАЗ-2111» на испытательном стенде сертифицированной лаборатории Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. В статье приведены результаты этих испытаний и сделаны выводы о влиянии молекулярной модификации топлив на ресурс ДВС.

Целью проведенных испытаний было исследование влияния устройства молекулярной модификации топлива (ММТ) на мощностные, экономические, экологические и ресурсные показатели впрыскового бензинового автомобильного двигателя. Кроме того, в ходе испытаний исследовалось изменение склонности топлив к образованию загрязнений двигателя при установке устройства ММТ. Процедура испытаний бензинового двигателя осуществлялась согласно требованиям ГОСТ 14846–81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». Ресурсные испытания включали следующие этапы:

- разборка, дефектация, очистка рабочих поверхностей двух двигателей, одного контрольного и одного экспериментального, работающего совместно с устройством «ММТ», точное взвешивание контрольных деталей (поршневых колец, вкладышей подшипников, впускных и выпускных клапанов, свечей зажигания);
- установка двигателей на стенды, монтаж комплекса измерительной аппаратуры;
- снятие базовых характеристик двигателя при работе на нагрузочных характеристиках при частоте вращения коленчатого вала 2000 и 3000 об/мин;
- монтаж на экспериментальный двигатель устройства ММТ, закольцовка топливной магистрали на расходный бак через трубопровод обратного слива;
- снятие контрольных характеристик двигателя при работе на нагрузочных характеристиках при частоте вращения коленчатого вала 2000 и 3000 об/мин;
- параллельная наработка экспериментального и контрольного двигателей на идентичных режимах в течение 80 моточасов;
- снятие итоговых характеристик двигателя при совместной работе с устройством ММТ при работе на нагрузочных характеристиках при частоте вращения коленчатого вала 2000 и 3000 об/мин;
- разборка двигателей, дефектация, визуальный анализ степени загрязненности, взвешивание контрольных деталей.

Результаты испытаний сведены в табл. 1 и проиллюстрированы рис. 1–4.

Результаты расчета показателей качества работы двигателя с устройством ММТ, замеренные и рассчитанные по итогам испытаний, сведены в табл.1.

Результаты испытаний показывают некоторое нарастание эффекта работы устройства ММТ по мере его наработки на двигателе. Так, в частности, расход топлива после 80-часового цикла по сравнению с началом испытаний снизился на 2%, мощность двигателя также увеличилась

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДИФИКАТОРОВ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

В.Г. Мурамович, канд. техн. наук, доцент Ин-та проблем транспорта им.Н.С. Соломенко РАН,
Д.В. Суслов, канд. техн. наук, проф., ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 323 2954, 640151

Таблица 1
Усредненные эффекты (%) при использовании устройства ММТ, полученные при длительном цикле испытаний

Время испытаний	Усредненные эффекты, % относительно базы				
	Расход топлива	СО	СН	NOx	Мощность
Начало испытаний	- 6,03	- 7,97	- 10,85	+ 4,02	+ 0,4
После 80-часового цикла	- 8,11	- 11,57	- 15,70	+ 7,61	+ 2,03

на 2%. Этот факт можно объяснить увеличением степени активации топлива при замыкании топливной системы через трубопровод обратного слива топлива. Улучшение экономических характеристик двигателя иллюстрирует рис. 1.

По ходу испытаний для оценки влияния устройства ММТ на октановое число топлива было измерено октановое число образцов бензинов по исследовательскому методу (ОЧИ).

Первый образец бензина – бензин, на котором проводились испытания контрольного двигателя. Второй образец бензина был взят из расходной емкости экспериментальной установки, в которую было принято топливо из трубопровода обратного слива двигателя. Отбор пробы выполнен после выработки двигателем, оснащенным устройством ММТ, 0,75 объема расходной емкости (30 л).

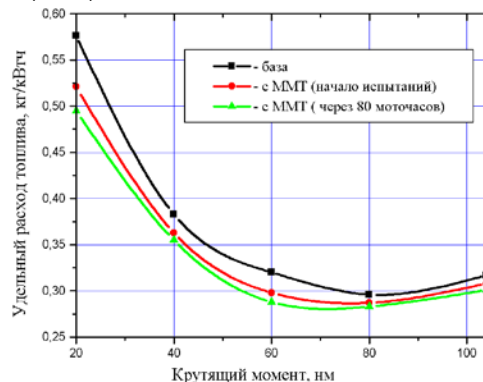


Рис.1. Экономические характеристики двигателя в начале и конце ресурсных испытаний

ОЧИ измерялось на установке УИТ-65 согласно ГОСТ 8226. Результаты измерения представлены ниже:

Результаты определения октанового числа бензина
Образец бензина..... ОЧИ
Базовый бензин Аи-9593,2
Модифицированный бензин 92,3

Таким образом установлено, что топливо, находящееся в расходном баке экспериментальной установки, имеет заметно меньшее октановое число, чем его базовый образец, что свидетельствует об определенной потере его стабильности, очевидно, вызванной физико-химическими изменениями топлива.

В конце 80-часового цикла заметно улучшились экологические характеристики двигателя по содержанию в отработавших газах концентраций CO и CH, что иллюстрируют графики на рис. 2.

После испытаний двигатели были демонтированы со стендов, разобраны, продефектованы. По результатам визуального анализа существенных дефектов, нарушающих работоспособность двигателей, выявлено не было.

Результаты весового анализа контрольных деталей до и после длительных испытаний сведены в табл. 2. Изменение массы вкладышей подшипников коленчатого вала и поршневых колец характеризует степень и темп их износа.

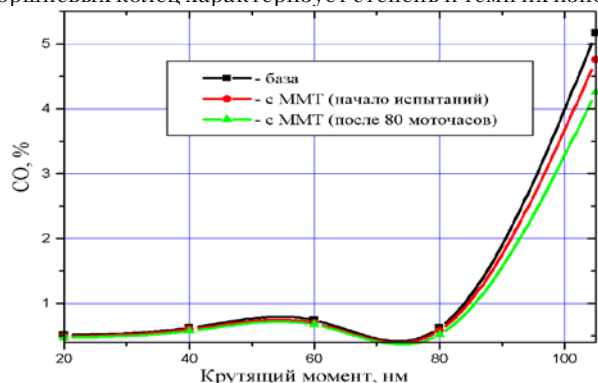


Рис. 2. Улучшение экологических характеристик двигателя по выбросам CO в начале и конце ресурсных испытаний

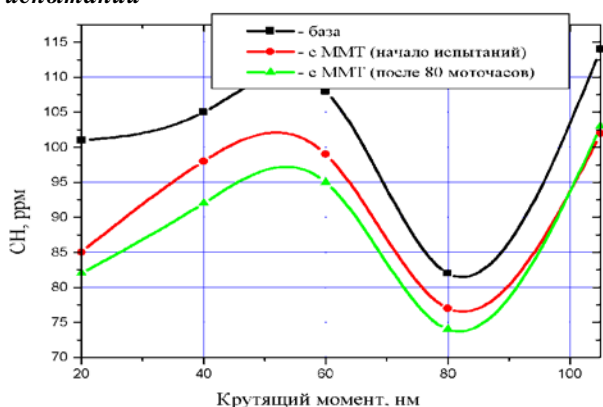


Рис. 3. Улучшение экологических характеристик двигателя по выбросам CH в начале и конце ресурсных испытаний

После испытаний двигатели были демонтированы со стендов, разобраны, продефектованы. По результатам визуального анализа существенных дефектов, нарушающих работоспособность двигателей, выявлено не было.

Результаты весового анализа контрольных деталей до и после длительных испытаний сведены в таблицу 2. Изме-

Данные визуального анализа степени загрязненности рабочих поверхностей двигателя, а также весовой анализ его контрольных элементов свидетельствует о существенном уменьшении темпа образования отложений в камере сгорания двигателя и на его клапанах.

Исходя из сравнительного анализа темпа износа основных деталей экспериментального и контрольного двигателей, можно сделать вывод о наличии некоторой слабовыраженной тенденции уменьшения скоростей износа основных сопряжений трения при использовании устройства ММТ.

На рис. 4 показаны свечи зажигания контрольного двигателя и двигателя с ММТ после 80-часового цикла испытаний.



Рис. 4. Свечи зажигания контрольного двигателя (слева) и испытуемого двигателя (справа) после ресурсных испытаний.

ВЫВОДЫ

Применение устройства ММТ на бензиновых ДВС не влечет за собой снижения их ресурса.

Длительные (ресурсные) испытания дизельного ДВС не проводились, однако по результатам испытаний дизельного двигателя ЯМЗ-238 на экономические и экологические показатели было отмечено снижение удельного расхода дизельного топлива на 6% и уменьшение дымности на 25%, откуда следует, что устройство ММТ на дизельном

Таблица 2

Суммарный износ деталей двигателей

Суммарный износ, г		
Деталь	Контрольный двигатель	Испытуемый двигатель
Коренные вкладыши	0,026	0,034
Шатунные вкладыши	В шатуне 0,057; в крышке 0,049	В шатуне 0,052; в крышке 0,046
Поршневые кольца	0,066	0,062
Суммарные загрязнения, г.		
Впускные клапаны	0,832	0,596
Выпускные клапаны	0,06	0,047
Свечи	0,207	0,156

нение массы вкладышей подшипников коленчатого вала и поршневых колец характеризует степень и темп их износа.

двигателе также улучшает его работу и не приводит к уменьшению ресурса дизельных ДВС. ■

В настоящее время корабельная энергетика в ведущих западных странах переживает переломный момент. Наиболее перспективным путем ее развития зарубежные специалисты считают переход на электродвижение. В США, Великобритании, Франции, Нидерландах и Германии ведутся работы по созданию перспективной корабельной энергетической установки (ЭУ), в которой будет реализован принцип «полного электродвижения».

Применение этого принципа позволяет исключить из состава ЭУ (или сократить до минимума) редукторные передачи и протяженные линии вала, являющиеся неотъемлемой частью комбинированных ЭУ различных типов.

ЦМКБ «Алмаз» в течение длительного времени занимается разработкой кораблей и судов с полным и частичным электродвижением. Ниже перечислены спроектированные в ЦМКБ и построенные на отечественных судостроительных предприятиях суда с полным электродвижением, а также суда, находящиеся в стадии проектирования:

- спасательно-буксирное судно, пр. 20180, сдано ВМФ;
- спасательное судно, пр. 21300, в постройке;
- судно для проведения испытаний, пр. 11982, сдано ВМФ;
- океанографическое судно, пр. 22010, в постройке;
- транспортное судно, пр. 20181, в постройке;
- спасательно-буксирное судно, пр. 20183.

ЭУ этих кораблей созданы по одному принципу: единая электроэнергетическая система (ЭЭС) на базе дизель-генераторов, гребных электродвигателей и полноповоротных винторулевых колонок. Для изменения частоты вращения гребных электродвигателей (ГЭД) используется частотное регулирование. Схема ЭУ представлена на рис. 1.

В составе ЭУ входят четыре дизель-генератора мощностью по 1600 кВт и два дизель-генератора мощностью 630 кВт или 1000 кВт. ГЭД мощностью 2000–2200 кВт при 1000 об/мин и напряжении 960 В, винторулевые колонки мощностью 2000–2200 кВт при 112 об/мин обеспечивают скорость до 14–14,5 уз.

ЭЭС состоит из двух главных распределительных щитов (ГРЩ), трансформаторов повышения напряжения с 380 до 960 В, щитов электродвижения и преобразователей частоты вращения ГЭД.

На судне пр. 11982, имеющего меньшее водоизмещение, применены дизель-генераторы и винторулевые колонки меньшей мощности.

Для боевых кораблей требуется обеспечить скорость хода от 26 до 30–32 уз, и разместить на них ЭЭС на базе существующего оборудования не представляется возможным.

Для ЭЭС боевых кораблей создается высоковольтное (6000–12000 В) оборудование и первичные источники электроэнергии для привода генераторов – газотурбинные двигатели (ГТД) сложного цикла, имеющие удельные расходы топлива, близкие к среднеоборотным дизелям (рис. 2).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КОРАБЛЕЙ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

К. Г. Голубев, главный инженер ОАО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 1133, 369 55 02

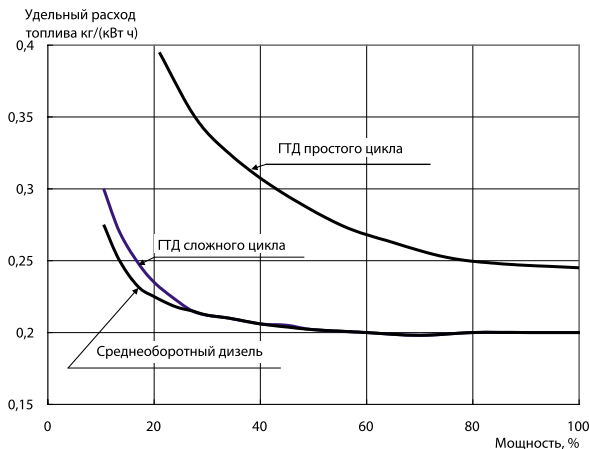


Рис. 2. Зависимости удельного расхода топлива от развиваемой мощности для различных типов двигателей

В качестве примера созданной ЭУ с полным электродвижением можно назвать ЭУ эсминца «Daring» (Type 45) ВМС Великобритании. Первичные источники электроэнергии напряжением 4,16 кВ, мощностью 21 МВт приводятся ГТД WR21 сложного цикла. Генераторы объединены электросетью и через преобразователи частоты вращения подают энергию на ГЭД мощностью 20 МВт, соединенные с валопроводами гребных винтов (рис. 3).

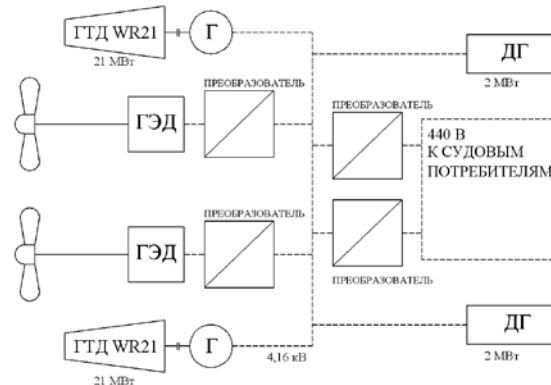


Рис. 3. Схема ЭУ с полным электродвижением эсминца Type 45

На высоких скоростях (более 16–18 уз) преимущество электродвижения по шумности утрачивается, поскольку основной составляющей подводного шума становится шум от гребных винтов. Вследствие этого большой интерес представляют ЭУ с частичным электродвижением, сочетающие тепловые двигатели с высокой удельной мощностью (ГТД) и высоковольтные ГЭД (схема CODLAG, CODLOG).

На режимах движения до 16–18 уз работают ГЭД от судовой электростанции через ЭЭС с преобразователями частоты. На режимах движения свыше 16–18 уз работают ГТД через редукторные передачи на ВРШ. Схемы ЭУ представлены на рис. 4 и 5. Диапазоны работы двигателей при схеме ЭУ с четырьмя ГТД показаны на рис. 6.

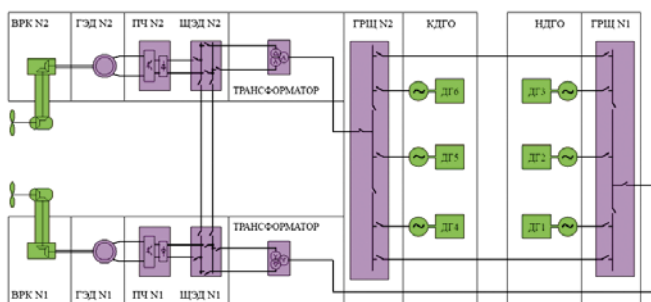


Рис. 1. Схема ЭУ с полным электродвижением

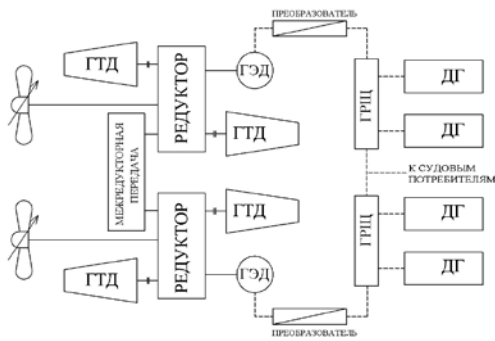


Рис. 4. Схема ЭУ с частичным электродвижением типа CODLOG

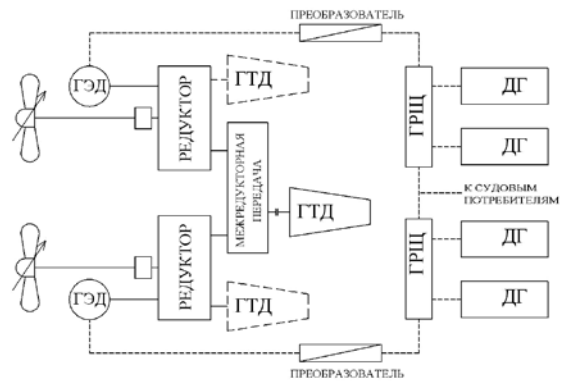


Рис. 5. Схема ЭУ с частичным электродвижением типа CODLAG

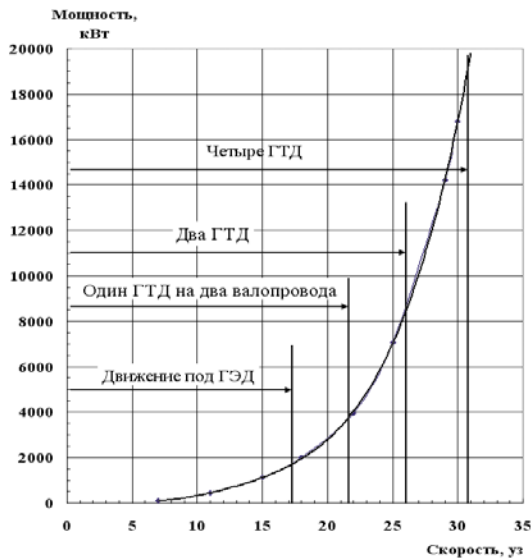


Рис. 6. Скоростные диапазоны работы двигателей ЭУ с четырьмя ГТД и частичным электродвижением.

На основе анализа зарубежного и отечественного опыта проектирования и создания ЭУ с использованием электро-движения можно сделать следующие выводы:

1. Использование полного электродвижения в ЭУ на базе современной техники целесообразно на кораблях ВМФ и судах специального назначения.

2. Применение полного электродвижения для боевых кораблей водоизмещением около 2000 т, имеющих в составе ЭУ газотурбинные двигатели, возможно при производстве комплектующих нового технического уровня (ГТД сложного цикла, высоковольтного (6 000–12 000 В) оборудования и др.).

3. Использование частичного электродвижения в ЭУ на базе современной техники в интересах ВМФ возможно и целесообразно на кораблях, имеющих в составе ЭУ ГТД простого цикла, а также дизельных ЭУ для повышения экономичности, обеспечения длительных малых скоростей хода, сохранения ресурса основных двигателей и необходимых акустических характеристик. ■

С началом нового тысячелетия все острее встает вопрос о минимизации затрат на эксплуатацию и ремонт судового оборудования и повышение эффективности теплообменного оборудования. Особенно актуален вопрос о максимальной эффективности судовых энергетических установок (ЭУ). Этого можно достичь, в том числе, повышением качества топливной смеси, подаваемой в главные двигатели судов.

Предприятие «Винета», основанное в 1996 г., одним из приоритетных направлений своей деятельности выбрало разработку и внедрение установок подготовки топлива и высокоэффективного теплообменного оборудования. На предприятии были разработаны блоки сепарации для комплексной подготовки топлива и масла, которые пришли на смену центробежным сепараторам типа СЦ, снятым с производства. Как показала практика, по техническим характеристикам блоки сепарации ООО «Винета» превосходят не только российские центробежные сепараторы, но и агрегаты импортного производства. Их основные преимущества: тонкость фильтрации топлива – 5 мкм; массовая доля остаточной воды – менее

ВНЕДРЕНИЕ УСТАНОВОК ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

И. С. Суховинский, директор,
В. Ю. Макаров, зам. директора,
П. В. Наливкин, начальник инженерного центра, ООО «Винета»,
контакт. тел. +7 (812) 493 50 48, +7 981 748 88 79

0,01% (следы воды); степень очистки от механических примесей – 97%.

Опыт эксплуатации показал значительное, а именно четырехкратное, снижение времени на техническое обслуживание сепараторов «БС» и «БСП» (рис. 1), а также увеличение межремонтного периода эксплуатации. Унификация фильтропатронов позволяет снизить объем одиночного и группового комплекта ЗИП, находящегося на борту судна и базе.

Блоки сепарации типа «БС» и «БСП» прошли межведомственные испытания и серийно поставляются на многие заказы ВМФ России, как на вновь строящиеся, так и на ремонтные (взамен сепараторов СЦ). В настоящее время они установлены и успешно эксплуатируются на кораблях пр. 11356, 20380, 20385, 22350, 22460 и АПЛ пр. 971М.

Унификация применяемых на кораблях блоков сепарации типа «БС» и «БСП» позволяет значительно сни-

Продукция предприятия:

- фильтры различных типов
- оборудование топливоподготовки
- теплообменное оборудование
- оборудование водоснабжения
- прочее



Блок сепарации масла с подогревом БСП-01



Блок сепарации БС 3,0/2,2-5



Статический автоматизированный сепаратор ССАФ-10



ООО «ВИНЕТА» предлагает оборудование топливоподготовки на базе полимерных фильтроэлементов.

ООО «ВИНЕТА» представляет собой динамично развивающееся машиностроительное предприятие, которое вот уже более 17 лет занимается проектированием и изготовлением оборудования для нужд военного кораблестроения и гражданского судостроения, энергетики, нефтяной и газовой промышленности, а также других отраслей.

Система менеджмента качества сертифицирована в соответствии с международным стандартом ISO 9001-2008 и Российским государственным стандартом ГОСТ Р ИСО 9001:2008.

ООО «ВИНЕТА» обладает лицензиями и свидетельствами о признании:

- лицензия Ростехнадзора на изготовление оборудования для судна или иного плавсредства с ядерными реакторами
- лицензия Ростехнадзора на конструирование оборудования для ядерных установок
- свидетельство признания изготовителя, выданное Российским Морским Регистром судоходства, а также Российским Речным Регистром.

187026, Россия, Ленинградская обл.,
Тосненский р-н, г. Никольское,
Ульяновское шоссе, 5Г
Тел./факс: +7 812 493 5048
info@vineta.ru, www.vineta.ru



Рис. 1. Блоки сепарации типа «БС» и «БСП»



Рис. 2. Блок сепарации масла «Б-ЗВ»

зять эксплуатационные затраты, связанные с обслуживанием и ремонтом топливных и масляных систем судовых ЭУ.

Одной из последних разработок ООО «Винета» стал блок сепарации масла «Б-ЗВ» (рис. 2). Сложность очистки и сепарации данного масла заключается в практически одинаковой плотности с водой (отличие – в третьем знаке). Для решения этой сложной задачи и был разработан блок сепарации «БСП-02». Ниже приведены графики, полученные в результате проведенных межведомственных испытаний данного блока (рис. 3 и 4).

В результате испытаний по определению воды в масле «Б-ЗВ» определено, что при производительности 1500 л/ч количество воды находится в пределах 0,45–0,6% (при двух циклах сепарации). Увеличение циклов сепарации при данном расходе не приводит к значительному уменьшению концентрации воды в масле. При снижении производительности до 750 л/ч количество остаточной воды можно уменьшить до 0,3% при двух циклах сепарации. Оптимальная температура сепарации равна 35 ± 5 °С.

Опытный образец блока сепарации «БСП-02» прошел испытания на стенде Турунинского производственного комплекса ОАО «Калужский турбинный завод» в декабре 2012 г. и в январе 2013 г. В испытаниях приняли участие ОАО «СПМБМ «Малахит», ОАО «Калужский турбинный завод», ООО «Винета», 19-й отдел 208 ВП МО РФ, 3-й отдел 5591 ВП МО РФ, 1014 ВП МО РФ, НИИ кораб-

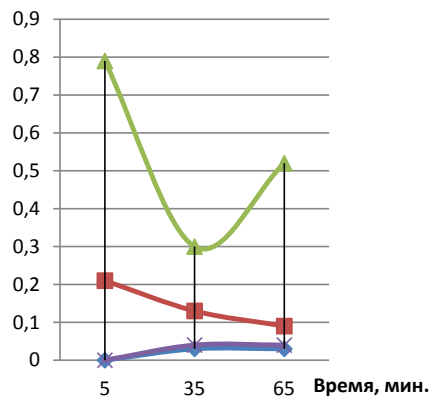


Рис. 3. Содержание механических примесей при сепарации масла

лестроения и вооружения ВУНЦ ВМФ ВМА. На основе результатов испытаний принято решение о серийном производстве блока сепарации «БСП-02».

По итогам испытаний ОАО «СПМБМ «Малахит», ОАО «Калужский турбинный завод» и ОАО «ЦС «Звездочка» приняли решение о порядке внедрения блока сепарации «БСП-02» для изделий типа «Сапфир-М» заказов пр. 09717. При замене масляных систем ПТУ специального назначения (транспортного типа) решено применять блоки сепарации «БСП-02» вместо используемых центробежных сепараторов на изделиях типа «Сапфир» и «Аzurит».

Вторая основная задача, решаемая на ООО «Винета», – разработка высокоэффективного теплообменного оборудования. Повышение эффективности работы теплообменных аппаратов является приоритетной в условиях экономии энергетических ресурсов. Интенсификация теплообмена приводит к уменьшению массогабаритных характеристик изделия, что способствует уменьшению металлоемкости, а следовательно, стоимости изделия и экономии природных ресурсов страны. Также уменьшение массогабаритных характеристик судовых изделий – одна из важнейших задач отечественного судостроения.

Переработав и изучив существующие теплообменники – традиционные кожухотрубчатые и пластинчатые, было принято решение о создании аппарата с плоскими профилированными трубками (рис. 5)

Данная конструкция объединила в себе простоту и надежность кожух-

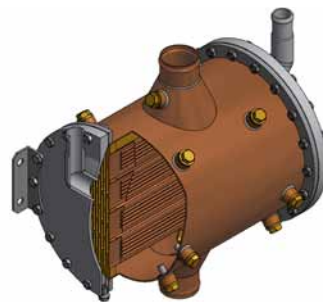


Рис. 5. Аппарат с плоскими профилированными трубками «МХД-4»

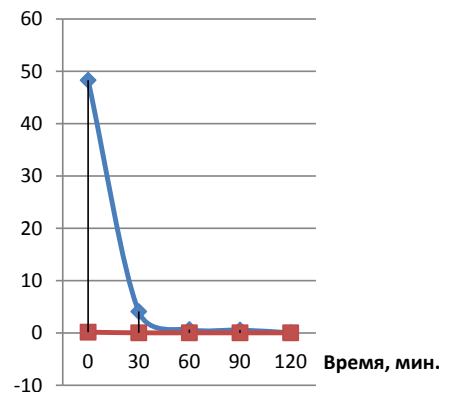


Рис. 4. Содержание воды в масле при сильном обводнении

хотрубчатого теплообменника и высокую эффективность пластинчатого. Трубная полость представляет собой трубный пучок с плоскими прямыми профилированными трубками, закрепленными в трубных решетках. Так как трубный пучок контактирует с морской водой, трубные решетки изготовлены из латуни ЛО62–1, а трубки – из мельхиора МНЖМц30–1-1. Основной технологической проблемой производства теплообменных аппаратов с плоскими профилированными трубками является крепление трубок в трубных решетках. При простой технологии производства паяные соединения не обеспечивают работу теплообменных аппаратов на высоких рабочих давлениях. По паспортным данным, рабочее давление в теплообменнике в трубной полости 4 кгс/см², в межтрубной полости – 3 кгс/см². Но плоские профилированные трубки будут применяться в теплообменниках различных типов не только с низкими рабочими давлениями. В связи с этим было принято решение крепить плоскую профилированную трубку в трубной доске с помощью вальцовки и обварки. Вальцовка обеспечивает прочность соединения трубки с трубной доской, а сварка – герметичность.

В кратчайшие сроки на предприятии была освоена технология лазерной сварки, которая позволила приваривать тонкостенные трубки к трубным доскам. ООО «Винета» стало одним из немногих предприятий Северо-Запада, обладающих данной технологией.

Решение данных технологических задач позволило изготовить теплообменник в разы меньше по массогабаритным параметрам, чем с кожухотрубчатыми аппаратами. В настоящее время теплообменник проходит стендовые испытания на соответствие фактических теплотехнических и гидродинамических параметров его спецификационным данным и получение данных для построения графических зависимостей между фактическими теплотехническими и гидродинамическими параметрами. ■

В последнее время судовладельцы все больше внимания обращают на ремонт существующего парка морских и речных судов. Дело в том, что, несмотря на обозначенный в паспорте срок службы, фактический ресурс судового оборудования или судна в целом зачастую оказывается далеко не исчерпанным, и продолжение эксплуатации может привести к существенной экономической выгоде. Однако процесс нарастания отказов при эксплуатации вызывает необходимость ремонта оборудования при продлении сроков службы. При этом, кроме продления сроков службы корпусных конструкций, наибольшую проблему представляют ремонт или замена элементов основного энергетического комплекса судна. При этом существуют определенные методики диагностики состояния механизмов по рабочим параметрам и сопутствующим износу вибрации и биениям. Однако зачастую электрооборудование осматривают и проводят планово-предупредительные ремонты «по графику», так как для поиска дефектов применяются методы диагностики, требующие вывoda из эксплуатации электрооборудования и энергетических агрегатов.

Диагностика электрооборудования без вывoda из эксплуатации приобретает особую важность в электроэнергетических системах (ЭЭС) напряжением 6 (10) кВ для судов с электродвижением и морских объектов, длительно находящихся на значительном удалении от берега. В таких случаях появляется возможность перехода к методике ремонта по фактическому состоянию электрооборудования. Такой «точечный» ремонт позволяет существенно сократить затраты как непосредственно на закупки, демонтаж и установку новых элементов агрегатов, так и простой судна или технологического оборудования морского объекта, сократив издержки и в этом направлении.

Необходимым условием выполнения подобного ремонта является оснащение электроэнергетического комплекса судна средствами диагностики электрооборудования, объединение их в систему мониторинга работоспособного состояния, которая при взаимодействии с локальными системами управления дизелей, генераторов и других электроэнергетических агрегатов позволяет как составить общую картину состояния оборудования, так и выявить элементы, в первую очередь подлежащие ремонту или замене. Данная проблема возникает не только у судовладельцев, но и у ВМФ. Подобные «целе-направленные» ремонты, обсуждались в ходе визита министра обороны в марте 2013 г. на Дальний Восток.

ОАО «Новая ЭРА» как одно из ведущих предприятий по разработке и поставке электрораспределительных устройств напряжением 6 (10) кВ на мор-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СУДОВЫХ ЭЭС СРЕДСТВАМИ ДИАГНОСТИКИ

М. П. Тихомиров, главный специалист,

А. А. Неелов, начальник сектора,

*С. С. Стародед, канд. техн. наук, начальник отдела, ОАО «Новая Эра»,
контакт. тел. (812) 740 5053*

ские объекты непрерывно ведет работы по совершенствованию оборудования, в том числе в целях обеспечения электробезопасности, в частности, за счет внедрения средств диагностики для предупреждения аварий.

В целях безопасности морского автономного объекта или судна с электродвижением, могут быть выделены по степени важности следующие группы элементов электрооборудования напряжением 6 (10) кВ:

1. Ответственные элементы передачи электроэнергии и коммутации силовых цепей, работоспособность которых должна быть обеспечена при нормальной эксплуатации и обязательно гарантирована при аварийных ситуациях в ЭЭС и повреждениях морского объекта.

2. Элементы защиты, отвечающие за достоверность определения опасных отклонений параметров за пределы рабочих диапазонов для исключения развития аварийных процессов в ЭЭС и появления электро- и пожароопасных ситуаций на морском объекте.

3. Элементы автоматики, обеспечивающие надежное автоматическое и дистанционное управление ЭЭС, включая регулирование режима работы источников, ответственных потребителей электродвижения и технологических процессов с большим электропотреблением.

4. Элементы сигнализации и органы местного управления, используемые для тестирования и проверок при местном управлении с панелей ячеек (вспомогательные средства управления и настройки защит и автоматики щита).

5. Элементы внутрищитового монтажа, образующего надежные соединения цепей управления, автоматики и обеспечивающие присоединение внешних цепей.

6. Элементы предупредительной сигнализации, контроля изоляции и диагностики, не используемые при эксплуатации для отключения электрооборудования и применяемые для планирования обслуживания ЭЭС в межрейсовый период судов или планирования ремонтов по фактическому состоянию электрооборудования ЭЭС на морских объектах.

Критерием важности группы могут служить последствия отказов оборудования: для первой группы отказ оборудования спровоцирует аварийную ситуацию для судна в целом, а для четвертой–шестой групп отказ не повлечет ощутимых последствий и может быть ликвидирован его экипажем или по приходу к месту базирования или ремонта обслуживающим персоналом.

В целях безопасности эксплуатации морского объекта и его систем все элементы первой и второй группы подлежат обязательному мониторингу их состояния, остаточного ресурса и температурному воздействию окружающей среды в местах установки на объекте. При этом во внимание принимаются как нормальные условия эксплуатации, так и возможные при аварии в ЭЭС и на объекте. Часть этих задач в сети 6 (10) кВ решается микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА): функция УРОВ для отключения цепи с несработавшим выключателем; подсчет числа срабатывания выключателя по токовым защитам; контроль исправности катушек управления выключателем; самодиагностика микропроцессорных устройств.

К элементам первой и второй группы, ответственных за передачу электроэнергии на средства электродвижения и маневрирования, предъявляются более жесткие требования:

- по стойкости к рабочему напряжению и возможным перенапряжениям;
- по готовности передать электроэнергию на ответственных потребителей;
- по готовности выполнять безаварийные переключения и защищать основное электрооборудование ЭЭС.

К элементам третьей группы требования могут быть менее жесткие, так как они устанавливаются в защитных конструкциях щита. Элементы обеспечивают управляемость и работоспособность элементов первой и второй группы. Закладываемое в них резервирование, дублирование и самодиагностика снижают вероятность полного отказа с потерей управляемости ЭЭС.

Элементы четвертой группы вспомогательные – как по задачам управления, так и по задачам частичного дублирования автоматике щита. К тому же основным правилом является безвахтенная эксплуатация ЭЭС напряжением 6 (10) кВ с контролем состояния элементов с центрального поста управления техническими средствами объекта. Для элементов четвертой и пятой группы достаточно периодических контрольных проверок, так как отказы в них не нарастают лавинообразно.

Элементы шестой группы не участвуют в управлении и защитах, поэтому не влияют непосредственно на развитие аварийных ситуаций и требуют лишь эпизодической проверки. Однако элементы этой группы имеют большое значение для обеспечения безопасной эксплуатации ЭЭС и надежной работы элементов первой группы. На них возлагается задача непрерывного контроля состояния изоляции всех элементов ЭЭС напряжением 6 (10) кВ, находящейся под действием рабочего напряжения и импульсных перенапряжений при оперативных переключениях и по реакции нагрузки потребителей, а также последствий влияния температур при пропуске токов пусковых, рабочих и перегрузки.

Под действием рабочего напряжения при частоте 50 Гц через изоляцию электрооборудования и кабелей протекает емкостный ток, который в сумме для ЭЭС напряжением 6 (10) кВ достигает десятков ампер и приводит к местным перегревам изоляции, следствием чего становятся локальная деградация и самовосстанавливающийся пробой (подобно пробоям в кабелях с маслопропи-

танной изоляцией), а затем и многофазное замыкание. Защита отстраивается от емкостного тока, поэтому срабатывает по току многофазного замыкания. Начальную деградацию, не дожидаясь пробоев, позволяют обнаружить аппаратура РЗА по току утечки и средства диагностики изоляции по изменению (увеличению) условной мощности частичных разрядов. Использование нескольких устройств разного типа с контролем изоляции на отдельных участках ЭЭС позволяет организовать селективную систему контроля, в частности, на уровне ГРУ напряжением 6 (10) кВ удается контролировать изоляцию всего оборудования внутри щита и отдельно все отходящие фидеры и даже отдельные кабели в фидерах. Благодаря используемым средствам диагностики кабелей можно определить расстояние по кабелю до места с повышенным значением частичных разрядов, т. е. локализовать место ожидаемого пробоя. Электрические машины (генераторы, двигатели напряжением более 4 кВ) в силу своей специфики контролируются другими устройствами диагностики, применение которых требует устанавливать около лобовых обмоток статора изолированные кольцевые проводники – антенны. Но по заключению конструкторов электрических машин такая доработка возможна даже на эксплуатируемых электрических машинах и не влияет на рабочие характеристики.

Сбор информации ведется непрерывно во время эксплуатации, таким образом, все отклонения параметров, токи утечек и скачки частичных разрядов фиксируются, чего невозможно добиться другими традиционными метода-

ми. Передача информации осуществляется по цифровому протоколу Modbus RTU, далее обрабатывается и хранится на флеш-памяти компьютера системы мониторинга. Это позволяет сопоставлять момент повышения частичных разрядов в контролируемой точке сети с другими операциями по управлению, изменению режима и появлению коммутационных перенапряжений. Вся система мониторинга с учетом данных от микропроцессорных устройств РЗА нацелена на прогнозирование ожидаемых изменений в высоковольтной части ЭЭС и выявление тренда остаточного ресурса для планирования необходимых ремонтов.

ВЫВОДЫ

1. Основной задачей средств мониторинга ЭЭС напряжением 6 (10) кВ средствами диагностики является обнаружение не только фактов отклонения параметров, но и мест локальных изменений состояния изоляции.

2. Применение средств регистрации частичных разрядов, их обработка и хранение в компьютерной системе обработки обобщенной информации состояния ЭЭС позволят перейти к ремонту по фактическому состоянию электрооборудования, сократить затраты на ремонты и обоснованно продлевать срок службы электрооборудования и ЭЭС морских объектов.

ЛИТЕРАТУРА

М. П. Тихомиров, А. А. Неелов, С. С. Стародед. Особенности использования средств защиты для диагностики электрооборудования напряжением 6 (10) кВ в судовых единых электроэнергетических системах // Морской вестник. – 2013. – № 2 (42). – С. 35–38 ■

Теме судовых энергетических установок, способных работать на газовом топливе, уже уделено достаточно много внимания, и для этого есть объективные причины. В статье мы упорядочим информацию, попытаемся показать как возникающие новые ограничения, так и открывающиеся новые возможности, что необходимо для целостного восприятия ситуации и оценки перспектив. В связи с обширностью темы укажем лишь основные аспекты, как они видятся авторам.

К числу ограничений можно отнести действующие и вводимые в будущем требования международных конвенций, правил национальных классификационных обществ и других надзорных органов. Возможности открываются в связи с развитием техники и технологий, их распространением.

После принятия в 1974 г. Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС–74) на транспортных судах в качестве топлива

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*А. И. Домрачев, вед. специалист сектора гл. конструкторов,
С. А. Ручин, начальник сектора, ОАО КБ «Вымпел»,
контакт. тел. +7 (831) 439 6729, 439 6742*

главных двигателей стало возможным применение только топлива с температурой вспышки не менее 60 °С, т. е. дизельного топлива и тяжелого судового топлива различной вязкости (мазутов). Такая ситуация в значительной степени сохранилась десятилетиями. В настоящее время Подкомитет ИМО по наливным грузам и газам (BLG) продолжает работу над новым международным кодексом по безопасности судов, использующих газ или другое топливо с низкой температурой вспышки (IGF Code), который

предполагается к изданию в 2014 г. одновременно с новым изданием СОЛАС.

Большинство транспортных судов и 70-х и 2000-х гг. имеют судовые энергетические установки (СЭУ), работающие по одинаковому принципу – двигатели внутреннего сгорания (ДВС), работающие на дизельном/тяжелом топливе. Такие СЭУ отлично себя зарекомендовали, их КПД наибольший среди КПД тепловых ЭУ транспортных средств. Они надежны, экономичны, безопасны, накоплен колоссальный опыт их эксплуатации.

Факторы, способствующие ускоренному развитию СЭУ

Факторы		
законодательные	технические	внешние не законодательные (по отношению к судостроению и судоходству)
СОЛАС-74 – использование топлива с температурой вспышки не менее 60 °С [1]. Приложение VI МАРПОЛ – выбросы ДВС [2,3]. Приложение VI МАРПОЛ – энергоэффективность судов [4]. IGF Code и новая редакция СОЛАС (с 2014 г) – использование топлива с температурой вспышки не менее 60 °С [5]. Правила национальных классификационных обществ по применению LNG, CNG, LPG в качестве судового топлива на судах не газозазах [6,7,8]	Появление и распространение судовых ДВС, работающих на газовом топливе Появление и распространение новых материалов и технологий в областях криогенной техники, композитных материалов, обработки выхлопных газов ДВС и т.д.	Разница в цене на различные виды топлива Широкое географическое распространение, рост производства/потребления LNG, LPG, трубопроводного природного газа Непрерывное возрастание добычи и потребления органического топлива Исчерпание легкодоступных/легкоизвлекаемых месторождений нефти Финансово-экономические причины

В прошедшее десятилетие обозначились факторы, способствующие ускоренному развитию СЭУ:

- рост цен на топливо;
- ужесточение требований к составу выхлопных газов судовых ДВС;
- развитие техники и технологии;
- объективные и субъективные причины, вызывающие перераспределение долей различных видов источников энергии в мировом энергетическом балансе (табл. 1).

Сложившаяся ситуация не только ставит новые задачи перед судовладельцами и судостроителями, но и открывает пути их решения.

Газовое топливо принято разделять на две группы:

- природный газ – состоит более чем на 90% из метана (CH_4); в основном используется в качестве топлива стационарной энергетики;
- так называемые нефтяные газы – смесь углеводородных газов, в которой основными компонентами являются пропан (C_3H_8) и бутан (C_4H_{10}); используются в качестве химического сырья и в качестве топлива.

Эти газы отличаются друг от друга в первую очередь температурой и давлением сжижения, теплотой сгорания и детонационной стойкостью. Химический состав сжиженного природного газа, поставляемого некоторыми странами на экспорт, приведен в табл. 2 [9], а физические свойства основных углеводородных газов – в табл. 3 [10–12].

В соответствии с ISO 3046/1 низшая теплота сгорания дизельного топлива – 42,7 МДж/кг. Низшая теплота сгорания газового топлива превосходит эту величину на 8–16%, вследствие чего удельный расход газового топлива (г/(кВт·ч)) в ДВС ниже, чем дизельного.

Для обозначений природного газа в зависимости от его состояния распространены англоязычные термины:

- liquefied natural gas (LNG) – сжиженный природный газ (СПГ);

– compressed natural gas (CNG) – компримированный природный газ (КПГ).

Термин «сжиженный нефтяной газ» Liquefied petroleum gas (LPG) обозначает несколько десятков различных продуктов: пропан, бутан, их смеси, легкое углеводородное сырье, широкую фракцию, сжиженные углеводородные газы (только их около 40 наименований продуктов) и т.д. Наиболее полный термин-аналог LPG – сжиженные углеводородные газы и легкое углеводородное сырье. Они характеризуются температурой кипения от –50 до 0 °С при атмосферном давлении. Наиболее легкий их компонент – пропан (C_3H_8).

В технических расчетах с достаточной точностью природный газ можно считать целиком состоящим из метана (теплота сгорания и детонационная стойкость, которая для газов измеряется метановым числом, могут различаться). Для анализа свойств нефтяных газов можно рассматривать пропан, бутан и их смесь.

Как было сказано выше, в последние 40–50 лет СЭУ подавляющего числа транспортных судов – это ДВС, работающие на дизельном/тяжелом топливе различной вязкости, т.е. жидком нефтяном топливе с температурой вспышки не менее 60 °С (далее – дизельное топли-

ставу выхлопных газов СЭУ (выделение особых зон экологического контроля), задача выбора параметров СЭУ и вспомогательных систем значительно усложнилась (табл. 4). Известно, что оксиды азота образуются в двигателе при окислении азота воздуха, и их содержание определяется процессом сгорания топлива в цилиндрах двигателя, оксиды серы – при окислении серы содержащейся в топливе.

Как видно из табл. 4, в настоящее время при выборе типа СЭУ количество учитываемых критериев, возможных вариантов СЭУ и отдельных ее элементов значительно увеличивается (в целом же многообразие вариантов характерно для переходных периодов).

Сегодня уже выпускаются серийно чисто газовые и двухтопливные судовые ДВС [13–17] (табл. 5), вспомогательное оборудование и емкости для хранения различного газового топлива [18–21]. Типы емкостей для LNG и CNG приведены в табл. 6 и 7. Емкости CNG имеют расчетное давление до 20–30 МПа. Примером емкостей для LPG могут служить железнодорожные цистерны для перевозки сжиженного пропана/бутана.

На первый взгляд, может возникнуть вопрос о длительности бездренажного хранения LNG в напорных криогенных цистернах. Рассмотрим его подробнее. Проникающая теплота из внешней среды через тепловую изоляцию емкости идет на нагрев жидкой и газовой фаз и увеличение избыточного давления в емкости, т.е. время хранения определяется следующими факторами:

- тепловым сопротивлением стенок цистерны;
- площадью поверхности цистерны, то есть размером и геометрией;
- расчетным давлением цистерны;
- температурой/давлением (связь через давления насыщенных паров), при работе системы в расчетном режиме;
- температурой/давлением принима-

Таблица 2

Состав сжиженного природного газа, поставляемого некоторыми странами на экспорт

Обозначение	Химический состав, %					
	Метан (CH_4)	Этан (C_2H_6)	Пропан (C_3H_8)	Бутан (C_4H_{10})	Пентан (C_5H_{12})	Азот (N_2)
	C1	C2	C3	C4	C5+	N2
Ras Laffan, Катар	90,1	6,47	2,27	0,6	0,03	0,25
Badak, Индонезия	91,09	5,51	2,48	0,88	0	0,03
Bintulu, Малайзия	91,23	4,3	2,95	1,4	0	0,12
Sakhalin-2, Россия	92,2	4,9	0,8	1,9	0	0,2
Snohvit, Норвегия	91,9	5,3	1,9	0,2	0	0,6

во). Районы судоходства не были сильно разделены в зависимости от требований, предъявляемых к составу выхлопных газов СЭУ.

В связи с развитием техники и технологий, ужесточением требований к со-

емому на судно LNG.

В настоящее время металлические напорные криогенные цистерны с вакуумной изоляцией достигли высокой степени совершенства, что позволяет хранить в них LNG в течение длительного

Физические свойства углеводородных газов

Свойство	Метан	Этан	Пропан	н-Бутан	изо-Бутан	Бутилен	н-Пентан
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₂
Плотность при нормальных условия в газовой фазе, кг/м ³	0,716	1,34	1,97	2,59	2,60	2,49	3,27*
Температура кипения при атмосферном давлении, °С	-162	-88	-42,1	-0,51	-11,8	-6,25	36,1
Критическая температура, °С	-83	32	97	152	135	147	197
Критическое давление, МПа	4,6	5,0	4,1	3,7	3,5	4,0	3,3
Плотность в сжиженном виде при атмосферном давлении, кг/м	422	546	585	573	551	636	637
Теплота сгорания: при 15 °С, МДж/кг при атмосферном давлении, МДж/м ³	50,0	47,3	46,4	45,6	45,6	45,3	45,5
	33,5	60,3	86,2	108,4	108,4	107,6	134,0
Октановое число	110	100	105	93	99	100	61
Метановое число	100	44	35	10	15	н/д	н/д

*На точке кипения; н/д – нет данных. Октановые числа даны приближенно

времени (недели и месяцы). С достаточной точностью можно считать, что состав LNG – чистый метан, зная тепловое со-

противлений стенок цистерны, площадь ее поверхности, температуру окружающей среды, предполагаем, что весь тепло-

вой поток идет на увеличение энтальпии жидкой и газовой фаз внутри цистерны. Принимая во внимание только увеличение энтальпии жидкой фазы, расчет дает приемлемую точность. В качестве примера в табл. 8 приведено расчетное время хранения LNG в цистернах по данным их производителей [18, 20, 22].

Рамки статьи не позволяют подробно рассмотреть все аспекты применения газового топлива на судах. Стоит лишь отметить, что в настоящее время уже существует все необходимое для серийного строительства судов-газоходов и число таких судов увеличивается с каждым годом. В настоящее время разрабатываются международные правила бункеровки и требования к подготовке экипажей судов-газоходов.

Сдерживать распространение газовых двигателей может то, что двух-

Варианты судовых ДВС

Таблица 4

Требования	Возможные варианты	Примечание	
Общие	К мощности К частоте вращения К типу передачи мощности К составу выхлопных газов в предполагаемых районах эксплуатации, к частоте и длительности захода в зоны особого экологического контроля		
Соответствие требованиям по выхлопным газам в особых зонах экологического контроля	Очистка выхлопных газов	Выбор топлива: низкосернистое дизельное ультранизкосернистое дизельное газовое: природный газ нефтяные газы	
	Очистка: от Sox от NOx	Способы очистки: скрубберы + щелочные растворы катализаторы + мочевины	Не требуется при газовом топливе Может потребоваться при газовом топливе
	Без очистки выхлопных газов	Выбор топлива: ультранизкосернистое дизельное газовое: природный газ нефтяные газы	ДВС должен соответствовать требованиям по NOx ДВС должен соответствовать требованиям по NOx
Несоответствие требованиям по выхлопным газам в особых зонах экологического контроля	Не входить в зоны		
Тип двигателя	Однотопливный: 4-тактный	Выбор топлива: дизельное газовое: природный газ нефтяные газы	
	2-тактный		На настоящее время только дизельное топливо, либо LPG
	Двухтопливный:	Топливо: дизельное газовое: природный газ нефтяные газы	
	4-тактный	Воспламенение смеси: искровое форкамерно-факельное запальным топливом	Только для подачи топлива в виде газовой-воздушной смеси
		Подача топлива: всасывание газовой-воздушной смеси распыл через форсунку	Только для природного газа, ограничения по детонационной стойкости Аналогично классическому дизелю
	2-тактный	Воспламенение смеси: запальным топливом самовоспламенение	Только для LPG, аналогично классическому дизелю
Хранение газового топлива на борту судна	Природный газ: сжиженный (LNG)	Тип емкости: Криогенные напорные	Расчетное давление до 10 бар и более
		Криогенные безнапорные (низконапорные)	Расчетное давление до 2–3 бар
	Компримированный (CNG)	Металлические	Расчетное давление до 200–300 бар
		Композитные	
	Нефтяные газы: сжиженный (LPG)	Тип емкости: напорные без тепловой изоляции безнапорные охлаждаемые (рефрижераторные)	Расчетное давление до 20 бар. При температуре окружающей среды
		напорные охлаждаемые (полурефрижераторные)	Температура минус 42...50 °С Занимают промежуточное положение

топливные двигатели, например, функционирующие по технологии DF (дизельное топливо/ природный газ), когда работают не на газовом, а только на дизельном топливе, больше расходуют топлива по сравнению с аналогичными чисто дизельными двигателями (в среднем на 6–10%). Сравнение возможных вариантов приведено в табл. 9. Применение чисто дизельных двигателей в зонах особого экологического контроля потребует специальных мер по снижению выбросов оксидов азота и серы. Это вызовет необходимость использова-

ния ультранизкосернистого дизельного топлива, скрубберы, катализаторы, и постоянно расходовать запасы щелочи и мочевины (возможно, появятся и другие методы). Также ожидается ввод ограничений на выбросы углекислого газа (эта тема подробно здесь не рассматривается).

Стоимость оборудования для использования газового топлива на судах в настоящее время велика, что связано с малой конкуренцией в данном секторе. С распространением технологий и ростом числа производителей сертифицирован-

ного судового оборудования, вероятно, произойдет снижение цен.

Вопрос состоит не в технике и технологии их создания, а, скорее, в прогнозировании, в частности, таких параметров, как:

- цена различных видов топлива;
- доступность газового топлива в мире;
- объем, вид грузов и маршрут морских перевозок;
- судьба уже построенных судов, не соответствующих требованиям по составу выхлопных газов СЭУ и т.д.

При рассмотрении расширения рынка LNG, в частности, по программе «North European LNG Infrastructure Project» [9, 23, 24], заметна долгосрочность использования LNG в качестве судового топлива прежде всего в Балтийском и Норвежском морях. Аналогичная ситуация характерна и для вод Японии.

Согласно работам Института энергетической стратегии [25], каждый кризис вызывал изменение динамики мировой энергетики, способствующее появлению новых источников энергии (рис. 2), что наблюдается и в настоящее время. Грядущие перемены затронут и судоходство.

В нашей стране накоплен богатый опыт создания транспортных средств на газовом, в частности, на криогенном топливе. Многие разработки, как видно сегодня, обогнали свое время и остались невостребованными. Например, еще в 1967–1968 гг. проведена большая работа по использованию LPG в качестве судового топлива, выполнено переоборудование ряда судов [26]. Самолет-лаборатория «Ту-155» в 1988–1989 гг. совершил более 100 полетов с использованием в качестве топлива для одного из двигателей сжиженного природного газа и сжиженного водорода. В настоящее время завершается цикл испытаний самого мощного в мире (8,3 МВт) газотурбозавода ГТ-1 на сжиженном природном газе.

Разработки транспортной техники на криогенном топливе выполнялись по федеральным целевым программам «Развитие криогенной аэрокосмичес-

Таблица 5
Выпускаемые судовые ДВС, работающие на газовом топливе

Тип двигателя	Характеристика двигателя			Изготовитель и марка двигателя
	Тактность	Топливо	Воспламенение	
Однотопливный	4-тактный	Природный газ	Искровое форкамерно-факельное	«Rolls-Royce Bergen» «Mitsubishi»
Двухтопливный	4-тактный	Природный газ/ дизельное топливо	Запальным топливом	«Wartsila DF» «MAN DF» Caterpillar DF
Двухтопливный	2-тактный	Природный газ/ дизельное топливо	Запальным топливом	«MAN ME-GI»
Двухтопливный	2-тактный	Нефтяные газы/ дизельное топливо	н/д	«MAN ME-GI»

Таблица 6
Особенности напорных и безнапорных емкостей LNG

Хранение LNG в цистернах при атмосферном давлении	Хранение LNG в цистернах, рассчитанных на избыточное давление
Количество испаряемого газа в единицу времени из емкости прямо пропорционально количеству теплоты, проникающей из внешней среды через тепловую изоляцию емкости к сжиженному газу.	Проникающая теплота из внешней среды через тепловую изоляцию емкости идет на нагрев газа и увеличение избыточного давления в емкости. При расходовании газа давление и температура понижаются.
Давление постоянно	Давление и температура возрастают, если газ не расходуется.
Температура постоянна	Давление и температура понижаются, если газ расходуется в количестве, при котором теплота испарения массы газа превышает количество теплоты, поступающей к газу.
Испаряющийся газ постоянно требуется утилизировать: – сжигать в СЭУ – сжигать вновь – компримировать	При возрастании температуры, а следовательно и избыточного давления в диапазоне от нуля до расчетного, газ из емкости можно не выпускать (не расходовать).

Таблица 7
Типы емкостей CNG

Тип емкости	Конструкция
1	Сталь или алюминий
2	Сталь или алюминий + армирующая оболочка на цилиндрической части
3	Сталь или алюминий + армирующая оболочка по всей поверхности
4	Полимерный материал + силовая оболочка из композитного материала

Таблица 8
Время хранения LNG в напорных цистернах с вакуумной изоляцией

Характеристика	Модель цистерны					
	БКТ-100*	БКТ-300*	БКТ-300/1,0*	БКТ-300/1,6*	КМЦ-35/0,6**	Wartsila LNGPac 527***
Геометрический объем цистерны, м ³	0,110	0,325	0,325	0,325	н/д	527
Объем LNG, м ³	0,100	0,290	0,290	0,290	35,3	474
Масса LNG, т	42	121	121	121	ок. 15	ок. 200
Масса цистерны	92	235	245	260	15	168
Расчетное давление, МПа	0,5	0,5	1,0	1,6	0,6	0,9
Расчетная температура окружающей среды, °С	н/д	н/д	н/д	н/д	+33	+20
Время нарастания избыточного давления от нуля до расчетного, сут	5	18	20	более 20	30	Более года *

Примечание: *Согласно расчету, при работе системы по технологии «Wartsila LNGPac» в цистерне должно поддерживаться давление ок. 0,5 МПа, что значительно снижает время хранения без расходования.
Производитель: *«Гелиймаш»; **«Урал-криомаш»; ***«Wartsila»

Применение ДВС после ужесточения требований по составу выхлопных газов СЭУ

Параметр	Тип двигателя	
	Двухтопливный двигатель технологии DF	Дизельный двигатель
Удельный расход топлива в чисто дизельном режиме, %	106–110	100
Удельный расход топлива в газовом режиме, %	87–96	–
Топливо	Дизельное (как запальное), природный газ	Дизельное ультранизкосернистое
Дополнительное оборудование	Цистерна LNG (возможно съемная – контейнер-цистерна), вспомогательное оборудование, специальные системы	Как вариант, катализаторы, запасы мочевины, возможно скрубберы и запасы щелочи, специальные системы
Цена топлива	Цена LNG сегодня и в перспективе ниже цены дизельного топлива	

кой и другой транспортной техники» (1999–2000 гг.) и «Национальная технологическая база» (2002–2006 гг.). Заложенные ранее идеи реализуются сейчас «в металле», но, к сожалению, другими странами.

С 1972 г. по проекту нашего КБ построена серия из шести плавучих двухтопливных (дизельное топливо/ природный газ) газотурбинных электростанций (рис. 1). До введения в строй в 2011 г. плавучей электростанции с двухтопливными двигателями «Wartsila DF» в Доминиканской Республике они оставались фактически единственными плавучими электростанциями подобного типа в мире. За десятилетия эксплуатации электростанции зарекомендовали себя с лучшей стороны.



Рис. 1. Плавучая газотурбинная двухтопливная электростанция «Северное сияние»

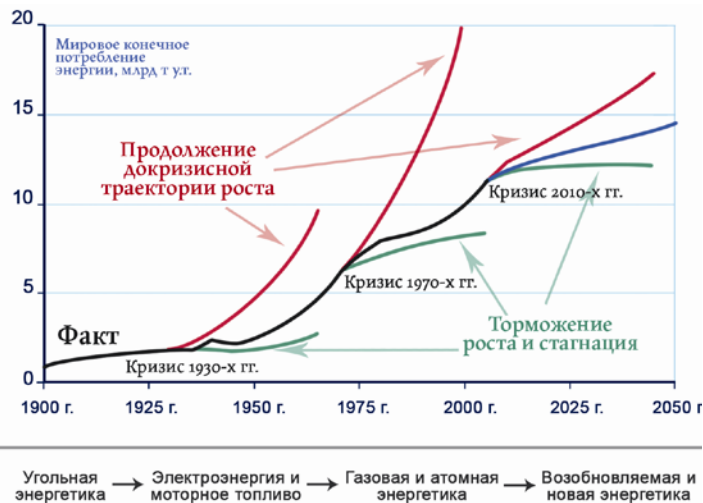


Рис. 2. Динамика мирового энергетического развития (источник [25])

В 2005 г. КБ «Вымпел» по заказу ОАО «Лукойл» выполнило технический проект плавучего нефтехранилища (ПНХ) для месторождения им. Ю. Корчагина в Каспийском море. На данном ПНХ попутный нефтяной газ использовался в качестве топлива котлов. Позже ОАО «Лукойл» заказало ПНХ по схожему проекту в Сингапуре.

В 2011 г. КБ выполнило концептуальный проект газовоза-CNG (рис. 3). Работа проводилась в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники 2009–2016 гг.».



Рис. 3. Газовоз CNG

В 2011 и 2012 гг. по заказу Казахской компании «Казмортрансфлот» выполнены проработки сухогрузных судов и железнодорожных паромов, использующих газовое топливо, продолжают работы по автомобильно-пас-

сажирскому парому с двухтопливной энергетической установкой (дизельное топливо/ LNG).

В настоящее время, разрабатывая концептуальные проекты судов снабжения морских нефтегазовых платформ, КБ «Вымпел» также предусматривает двухтопливные энергетические установки (дизельное топливо/ LNG).

Накопленный опыт КБ «Вымпел» позволяет участвовать в создании современных и перспективных судов и плавучих технических средств с различными типами ЭУ, в том числе работающими на газовом топливе с применением как отечественного, так и зарубежного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 (СОЛАС). С изменен. Протоколом 1988 г. к ней и с поправками.
2. Резолюция МЕРС.176(58). Приложение VI к Конвенции МАРПОЛ (Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов с поправками).
3. Резолюция МЕРС.177(58). Поправки к техническому кодексу по контролю за выбросами оксидов азота из судовых дизельных двигателей (NOx Technical Code).
4. Резолюция МЕРС.203(65). Поправки к Приложению VI к Конвенции МАРПОЛ. (Включение правил по энергоэффективности для судов).
5. IMO NEWS ISSUE / 2012. – №1.
6. DNV Rules Pt.6 Ch.13 «Gas fuelled engine installations», 2011.
7. GL Правила «Guidelines for the Use of Gas as Fuel for Ships», 2010.
8. ABS Правила «Propulsion and auxiliary systems for gas fuelled ship», 2011.
9. IGU World LNG Report, 2010. <http://www.igu.org>.
10. Гиматулинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта. – М.: Недра, 1982.
11. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громов В.В. Химия нефти и газа. – М.: Химия, 1995.
12. Костылев И.И., Овсянников М.К. Морская транспортировка сжиженного газа. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009.
13. www.rolls-royce.com.
14. www.mitsubishi-engine.com.
15. www.wartsila.com.
16. www.mandieselturbo.com.
17. www.cat.com.
18. Wartsila technical journal. – 2010. – №1.
19. www.chart-ferox.com.
20. www.cryogenmash.ru.
21. www.gelyimash.ru.
22. www.xperion.com.
23. North European LNG Infrastructure Project. – www.dma.dk.
24. Белогорьев А.М., Бушуев В.В., Громов А.И., Куричев Н.К., Мастепанов А.М., Троицкий А.А. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века / Под ред. В.В. Бушуева. – М.: Энергия, 2011.
25. World LNG Report, 2011. – <http://www.igu.org>.
26. Семенов Б.Н. Применение сжиженного газа в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1969. ■

К 50-ЛЕТИЮ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В. В. ШАТАЛОВА



6 мая 2013 г. исполняется 50 лет с начала трудовой деятельности в коллективе ОАО «КБ «Вымпел» (г. Нижний Новгород) генерального директора Вячеслава Валентиновича Шаталова.

Родился он 1 августа 1941 г. в п. Рогань Харьковского района Харьковской области в семье военнослужащего. В 1964 г. окончил с отличием Горьковский институт инженеров водного транспорта по специальности инженер-кораблестроитель. Начал работать в ОАО «КБ «Вымпел» (тогда ЦКБ «Волгабалтсудопроект») в мае 1963 г. в должности чертежника, а по окончании института – в должности инженера-конструктора.

С 1968 по 1976 г. занимался проблемами теории корабля по новому направлению проектирования скеговых судов на воздушной подушке (СВП). Основными были вопросы гидродинамики этих судов, малоизученные в то время. Поэтому проводился большой объем исследовательских работ на буксируемых моделях и самоходных катерах в целях изучения гидродинамических характеристик несущего комплекса СВП. Вячеслав Валентинович возглавлял сначала специализированную группу, а затем сектор по СВП, участвуя в проектировании СВП «Горьковчанин» (первое в стране скеговое СВП), «Луч», «Орион», «Чайка», «Альгаир», десантного скегового СВП «Тур» водоизмещением 2500 т.

Большой объем поисково-исследовательских работ проводился совместно с ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова по созданию несущего комплекса крупнотоннажных скеговых СВП, в частности были созданы опытные

образцы водометных двигателей мощностью до 25 МВт, гибкие ограждения для скеговых судов с ресурсом не менее 1500 ходовых часов, отработаны вопросы ходкости и мореходности СВП до скорости 60 уз. Проведенный сектором, возглавляемым Вячеславом Валентиновичем, объем работ позволил обеспечить серийное строительство скеговых СВП гражданского назначения в период с 1970 по 1990 г.

В 1977 г. Вячеслав Валентинович назначен главным инженером КБ «Вымпел». Перед ним стоял большой объем работ по оптимизации общепроектных решений, затрагивающих создаваемые КБ суда. Под его руководством проводились исследования по созданию амортизированных надстроек на буксирных судах (пр.758 АМ), изучались особенности перевозки плодовоовощной продукции в охлаждаемых трюмах, что нашло отражение в построенной крупной серии судов-овощевозов пр.19620.

Совместно с ВНИИПИЭТ и ЦНИИ им. А. Н. Крылова были проведены поисковые работы и найдены конструктивные решения очистки жидких радиоактивных отходов и построены специальные суда для ВМФ пр.11510 «Амур» и «Пинега». В 90-е гг. выполнен комплекс работ по созданию судна атомно-технического обеспечения (плавающий комплекс «Ландыш» для приема и очистки низкоактивных отходов), отмеченный премией Правительства РФ в области науки и техники в 2004 г. лауреатом которой стал В. В. Шаталов.

В 90-е гг. на основании проведенных исследовательских работ было создано новое поколение судов смешанного плавания типа «Валдай» и «Русич». В 1992 г. Вячеслав Валентинович занял пост директора ОАО «КБ «Вымпел» в очень сложный для российской промышленности период перехода к новым методам хозяйствования и управления и практически полного сокращения государственного заказа на проектирование судов. В условиях социально-экономических реформ и смены собственников предприятия В. В. Шаталов успешно объединил усилия главных конструкторов проектов и ведущих специалистов КБ для решения основных задач: сохранение специализации бюро и квалифицированного кадрового состава.

Под руководством Вячеслава Валентиновича была реорганизована система организации проектных работ с широким применением компьютерных технологий (внедрение САЛS-технологий), в результате чего КБ «Вымпел» стало одним из первых и на тот период немногих судостроительных КБ в России, которые в полном объеме обеспечивают заводы рабочей документацией в системе САD/САM Tribon, Aveva и ведет работы с зарубежными проектными организациями в безбумажной форме.

За успехи в управленческой деятельности Вячеслав Валентинович был дважды награжден премией Нижегородской области в номинации «Менеджер года» (2002 и 2004 гг). Под его руководством КБ успешно проектирует вспомогательные суда для ВМФ, суда и объекты атомно-технологического обеспечения, суда по добыче и переработке углеводородного топлива, суда по обслуживанию плавучих буровых и стационарных платформ для освоения морских шельфов, научно-исследовательские суда, а также продолжает проектировать традиционные для профиля организации универсальные сухогрузные суда и танкеры.

С 1985 г. В. В. Шаталов преподает в Нижегородском политехническом университете на кафедре «Кораблестроение и океанотехника», в настоящее время он – профессор кафедры «Кораблестроение и самолетостроение», имеет свыше 50 печатных работ и изобретений в области проектирования судов. В 2007 г. В. В. Шаталов был избран членом Российской академии транспорта, Академии развития бизнеса и менеджмента, членом-корреспондентом Российской инженерной академии. Научная и педагогическая деятельность Вячеслава Валентиновича способствует эффективному взаимодействию высшей школы и предприятия, а также притоку молодых научных кадров в КБ.

Результаты многолетней трудовой деятельности генерального директора ОАО «КБ «Вымпел» Вячеслава Валентиновича Шаталова отмечены орденами и медалями Родины, вызывают глубокое уважение к нему и чувство благодарности коллектива КБ и всей судостроительной общественности страны. ■

АО «Армалит-1» на сегодняшний день является лидером отечественного судового арматуростроения. Более века предприятие работает на оборону страны, поставляя надежную продукцию для ВМФ РФ. В конце марта 2013 г. на церемонии награждения компаний, принимавших участие в постройке головного ракетного подводного крейсера стратегического назначения (РПКСН) 4-го поколения К-535 «Юрий Долгорукий», коллектив ОАО «Армалит-1» был отмечен почетной грамотой, а генеральный директор предприятия А. В. Кузнецов удостоен медали за укрепление обороноспособности страны.

Несмотря на очевидные успехи предприятия на традиционном направлении рынка, руководством ОАО «Армалит-1» поставлена задача диверсификации и расширения сферы деятельности компании за счет смежных областей. Попрежнему разработка и производство изделий для нового поколения кораблей и судов остаются приоритетными, однако вместе с этим с недавнего времени «Армалит-1» начал активно сотрудничать с нефтехимическим сектором, предприятиями железнодорожной отрасли и производителями танк-контейнеров. Работа на новых рынках дает толчок изменению подхода к организации производства и работы конструкторской службы, в связи с этим основная цель статьи – ознакомить представителей судостроительной отрасли с нововведениями ОАО «Армалит-1», которые будут способствовать развитию отечественного арматуростроения, в том числе и для судостроения.

СОЗДАНИЕ СОБСТВЕННОГО КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

В 2012 г. в составе ОАО «Армалит-1» появилось собственное конструкторское бюро по разработке трубопроводной арматуры. Руководство компании рассматривает данный шаг как закономерный и необходимый этап развития.



Рис. 2. Одна из обновленных в 2012 году лабораторий ЦЗЛ

ОАО «АРМАЛИТ-1» О КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Ю.Ю. Залмина, начальник отдела маркетинга,
В.Н. Череватенко, менеджер по маркетингу, ОАО «Армалит-1»,
контакт. тел. (812) 459 45 55

Вместе с тем в составе предприятия остается группа конструкторов, которая занимается сопровождением серийной продукции – судовой трубопроводной арматуры, элементов трубопроводов и штуцерно-торцевых соединений, поставляемых по договорам с ведущими судостроительными предприятиями страны (ПО «Севмаш», ПСЗ «Янтарь», СЗ «Северная верфь», ОАО «Адмиралтейские верфи», «Зеленодольский завод им. Горького» и пр.).

На сегодняшний день структура нового КБ «Армалит-1» включает в себя два подразделения – два конструкторских бюро: по разработке арматуры общепромышленного и специального назначения и по разработке судовой арматуры.

В задачи КБ входят:

- разработка новых типов арматуры в соответствии с требованиями рынка;
- проектирование арматуры по техническому заданию заказчика;
- модернизация существующих конструкций;
- подбор арматуры под заданные условия эксплуатации и замена иностранных аналогов собственными изделиями.

Для успешной деятельности нового подразделения руководство ОАО «Армалит-1» приняло решение оснастить сотрудников новейшими инструментами проектирования, в 2012 г. началось внедрение программного комплекса SolidWorks, предназначенного для автоматизации работ промышленного

предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства.

На сегодняшний день специалисты КБ и отдела маркетинга ОАО «Армалит-1» активно возобновляют сотрудничество и представляют организацию в ведущих отраслевых проектных бюро РФ. Что касается судостроения, то внимание уделяется проектантам не только военных кораблей, но и гражданских судов [1]. На основе анализа потребностей отрасли и рынка конструкторы ОАО «Армалит-1» разрабатывают соответствующие изделия и узлы. Основные направления на сегодняшний день:

- разработка кранов шаровых проходных;
- разработка поворотных затворов типа «бабочка»;
- разработка электропривода;
- модернизация и разработка сигнализаторов;
- разработка обогреваемых патрубков.



Рис. 1. Клапан серии С21150 – новая разработка КБ «Армалит-1», запущен в серийное производство

Стоит отметить, что КБ образовано на базе существующего арматуростроительного предприятия, что упрощает его деятельность. Сегодня КБ – это сильная команда профессионалов, способная решать сложные и разные по характеру задачи для совершенно различных областей промышленности (в том числе есть опыт разработки арматуры для космодромов), подкрепленная мощной технологической базой, включающей в себя испытательную площадку и различные лаборатории. Теперь ОАО «Армалит-1» может предложить своим клиентам комплекс услуг, от разработки технического задания и до внедрения продукции в серийное производство.



Рис. 3. Обучение молодых специалистов основам SolidWorks

ОБНОВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЛАБОРАТОРНОЙ БАЗЫ

Раньше производственная программа предприятий промышленной отрасли основывалась на стремлении загрузить те мощности и то оборудование, которое имелось в наличии. ОАО «Армалит-1», придерживаясь концепции работы «от потребителя», решает уйти от этого принципа и пойти по другому, более перспективному пути – закупка оборудования и создание производственных участков под востребованную продукцию, которая разрабатывается собственными силами.

Начатая в 2009 г. (с закупки и введения в эксплуатацию 18 суперсовременных механообрабатывающих станков 5-го поколения фирм «DMG» (Германия) и «Trevisan» (Италия) программа переоборудования производства ОАО «Армалит-1» продолжается и сегодня. За прошлый год предприятие приобрело еще 24 ед. высокоэффективного оборудования, способного обеспечить нужное качество и обладающее большим потенциалом. Обновление идет не только в цехах, но и в центральной заводской лаборатории – на сегодняшний день она оснащена по последнему слову техники, что позволило получить аккредитацию Федерального агентства по испытаниям и сертификации как современного аналитического центра.

В целом инвестиционная программа ОАО «Армалит-1» за 2012 г. составила около 100 млн. руб. В 2013 г. она продолжается: в марте было обновлено оборудование литейного цеха – закуплена современная центробежная машина для отливки деталей из цветных металлов. В планах – обновление линий холодно-твердеющих смесей (ХТС) и литья в оболочковые формы [2], а также испытательной базы.

Сегодня ОАО «Армалит-1» – это предприятие, которое сохранило полный производственный цикл (от раз-

работки и производства до испытания и сервисного обслуживания), обновление производственных возможностей – которое стало гарантом самого высокого качества продукции.

КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА

Кадровая политика предприятия основана на идее эффективного симбиоза амбициозной молодежи и опытных профессионалов. В ОАО «Армалит-1» работают программы обучения и стимулирования творческого и профессионального потенциала. За каждым новым сотрудником на период испытательного срока закрепляется куратор из службы персонала и наставник на рабочем месте, а также составляется индивидуальный план вхождения в профессию.

На предприятии действует Молодежный совет, ведется активная социальная жизнь (организуются выезды за город, экскурсии, действуют футбольная и волейбольная команды). Кроме этого, руководство старается поддерживать конкурентоспособный уровень заработной платы персонала (в среднем она составляет 39 тыс. руб. в месяц), обеспечивать стабильность работы и ставить масштабные и интересные цели.

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ

Основная цель ОАО «Армалит-1» – удержать лидерство в отрасли и создать задел на будущее. Мы не стараемся уйти от наработок советского времени, а стараемся достойно продолжать славные традиции предприятия, которое существует уже 135 лет.

Согласно стратегии развития, новые разработки ОАО «Армалит-1» в области арматуростроения должны отвечать потребностям рынка, а именно:

- быть максимально простыми и надежными;
- иметь минимальные габаритные размеры с сохранением полного функционала;
- быть ремонтнопригодными;
- иметь универсальные присоедине-

ния (соответствовать ISO, DIN);

- быть конкурентными по цене;
- иметь длительный гарантийный срок.

Таким образом, принимая во внимание вышеизложенное, конструкторы нового КБ предложили придерживаться концепции модульной арматуры, т. е. возможности использования стандартных модульных частей, которые позволят применять как исходные стандартные арматурные блоки ОАО «Армалит-1», так и при необходимости компоненты других производителей (например, приводы).

В данном случае очевидны два преимущества: возможность повышения ремонтнопригодности и взаимозаменяемости узлов и изделий и снижения себестоимости продукции.

Это, в конечном итоге, позволит ОАО «Армалит-1» выстоять под напором иностранных компаний (вероятные последствия вступления в ВТО), а также оставить не у дел недобросовестных участников рынка судовой арматуры.

Расширение деятельности предприятия открывает новые возможности для участия в смежных областях, а именно в оснащении нефтедобывающих платформ. В связи с тем, что КБ уже разработало несколько типоразмерных рядов клапанов для нефтегазовой сферы [3], в данном случае особо актуально предложение комплексных поставок арматуры, рассчитанных на применение в разных средах (нефтепродукты, агрессивные среды, морская вода и пр.).

ВЫВОДЫ

ОАО «Армалит-1» – предприятие, которое способствует развитию судостроительной отрасли РФ, поставляя надежную продукцию на отечественные предприятия.

Руководство и собственники организации, понимая ситуацию на промышленном рынке РФ, стараются максимально вкладывать собственные средства в технологии и производство, стимулируя тем самым развитие предприятия.

Возрождая взаимодействие между специалистами проектных организаций и конструкторской службы ОАО «Армалит-1», предприятие стимулирует обновление связей в судостроительной отрасли, повышая взаимную осведомленность.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Черватушко. Опыт применения многомерного метода при сегментировании рынка судовой трубопроводной арматуры // Морской вестник. – 2012. – № 3.
2. А. В. Кузнецов. Реализация проекта модернизации литейного производства, проблемы, предложения // Арматуростроение. – Саратов: НП «АрмИнфо». – 2012. – № 6 (81).
3. И. Р. Аширов. Еще раз о клапанах // Сфера. Нефть и газ. – СПб.: ИД «Сфера», 2013. – № 1. ■

В январе 2013 г. исполнилось 110 лет со дня рождения И. В. Курчатова. Курчатовские чтения, проведенные в те дни ядерным обществом России, позволяют периодически возвращаться к тому научному направлению, которому академик Курчатов посвятил свою жизнь, полную напряжения. Миллионы людей страны оказались вовлечены в процессы, связанные с ядерной энергетикой [1–5]: наука, образование, производство, практика и пр.

Противоборство двух мировых систем привело к необходимости решения проблем мирного использования энергии атомного ядра, а также создания транспортных ядерных энергетических установок (ЯЭУ) разного назначения.

Благодаря И. В. Курчатову, его соратникам, ученикам и последователям А. П. Александрову, Г. А. Гладкову, И. И. Африкантову, Н. А. Доллежалю, В. Н. Перегудову и многим другим видным ученым, конструкторам и строителям в короткие сроки была спроекти-

рована транспортная ЯЭУ, которая установлена на первой советской атомной подводной лодке (АПЛ) «К-3», позже «Ленинский комсомол».

За период так называемой «холодной войны» и, как следствие, всеобщей гонки вооружений для достижения паритета с вероятным противником к 2000 г., согласно [7, 10, 11, 13], в мире было построено до 500 ед. АПЛ.

В СССР и России построено около 250 ед. (табл. 1).

Вторая половина XX в. по образному

выражению многих получила название «золотого периода» атомного кораблестроения. ЯЭУ с паропроизводящей установкой (ППУ) типа ВМА с водо-водяным реактором (ВВР), установленная на АПЛ «К-3» [10], оказалась востребованной – размещена на 55 АПЛ первого поколения (табл. 2).

Подводные лодки пр. 645 (прочный корпус стальной, ППУ типа «ВТ-1» с жидкометаллическим теплоносителем) и пр. 661 (корпус из титанового сплава, ППУ типа «В-5 Р»

К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Н. Я. Щербина, канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник ВМПИ, контакт. тел. (812) 494 01 51

Таблица 1

Ход строительства атомных подводных лодок в СССР и России [10, 11]

Количество	1956–1965	1966–1975	1976–1985	1986–1995	1996–2005
Всего, АПЛ	44	96	65	37	7
Ед./год	4,4	9,6	6,5	3,7	0,7

Таблица 2

АПЛ первого поколения

Характеристика	АПЛ ракетные				АПЛ торпедные	
	Проект АПЛ					
	658/658 М	659	675	661	627/627 А	645
Год сдачи головного корабля	1960/63	1960	1963	1969	1958	1963
Количество кораблей	8/6	6	29	1	1/12	1
Тип ППУ	«ВМ-А»			«В-5 Р»	«ВМ-А»	«ВТ-1»

Таблица 3

Ракетные АПЛ второго поколения

Характеристика	АПЛ пр.				
	667 А	667 Б	667 БД	667 БДР	667 БДРМ
Год сдачи головного корабля	1967	1972	1975	1976	1985
Количество кораблей	34	18	4	14	7
Тип ППУ	«ОК-700»			«ОК-700 А»	

Таблица 4

АПЛ второго поколения с крылатыми ракетами

Характеристика	АПЛ пр.		
	670	670 М	667 АТ
Год сдачи головного корабля	1967	1973	1986
Количество кораблей	11	6	5
Тип ППУ	«ОК-350»		«ОК-700»

Атомные подводные лодки с торпедным вооружением

Характеристика	АПЛ пр.			
	671	671 РТ	671 РТМ	705/705 К
Год сдачи головного корабля	1967	1972	1977	1970
Количество кораблей	15	7	25 (1)	4/3
Тип ППУ	«ОК-300»			«ОК-550/БМ-40 А»

Таблица 6

АПЛ третьего поколения

Характеристика	Проект АПЛ				
	945/945 А	685	971	949/949 А	941
Год сдачи головного корабля	1984	1984	1985	1981/87	1983
Количество кораблей	2/2	1	17	2/11	6
Тип ППУ	«ОК-650 А»	«ОК-650 Б-3»	«ОК-650 Б»	«ОК-650 Б»	«ОК-650 Б»

Таблица 7

Катастрофы АПЛ

№ пр.	Дата		Дата списания	Дата гибели	Время наблюдения (лет) за ПЛ	Причина катастрофы-	Число жертв (чел)	Поколение	Время наблюдения
	№ корабля	Дата ввода							
627 А	«К-8»	01.12.1959	1970	12.04.1970	11	Одновременный пожар в 7 и 3 отсе.	52	Первое	1439
627 А	«К-159»	05.09.1963	1989	29.08.2003	26	Поступление воды в ЦГБ и ПК ПЛА	9	Первое	
667 А	«К-219»	16.11.1971	1986	06.10.1986	15	Взрыв ракеты в ракетной шахте	6	РПКСН	1210
949 А	«К-141»	30.12.1994	2000	12.08.2000	6	Взрыв торпеды в 1 отсе.	118	Третье	137
685	«К-278»	28.12.1983	1989	07.04.1989	6	Пожар в 7 отсе.	42	АПЛ ОЭ	34

с водо-водяным реактором). Опытные мощные ППУ АПЛ пр. 661 позволили развить скорость в 44,7 уз.

Освоение АПЛ первого поколения и первых опытных образцов АПЛ было связано с достижениями в разработке новой техники, но, как и всякий первый опыт, оказалось омрачено аварийными ситуациями в основном из-за течи парогенераторов, что стало в ряде случаев причиной радиационного облучения. Из-за течи первого контура ЯЭУ на АПЛ «К-19» в июле 1961 г. получил разной степени облучения весь экипаж, восемь человек погибло. Авария стала суровым предупреждением – в ядерной энергетике просчеты и недоработки недопустимы.

Жизнь двух опытных АПЛ пр. 645 и 661 оказалась недолговечной. Первая прекратила свою эксплуатацию через пять лет, а вторая – через тринадцать после ввода в строй вследствие аварий ППУ [10, 11, 13].

Согласно [10, 13], с 1967 г. ВМФ начал пополняться АПЛ второго поколения с новыми более совершенными ЯЭУ (табл. 3–5).

Около 150 АПЛ второго поколения с ППУ типа «ОК-300», «ОК-350» и «ОК-700» оказались более надежными.

В годы противостояния двух мировых систем, достигшего своего апогея в 70–80-е гг., на долю первого и второго

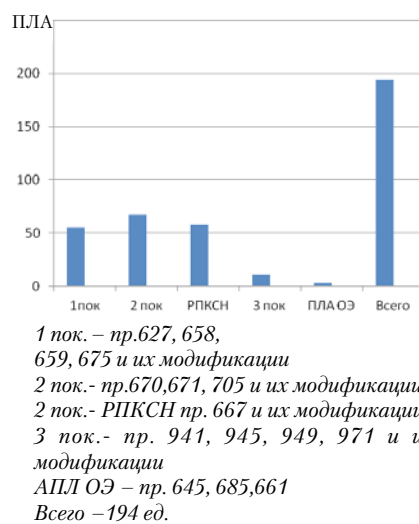


Рис. 1. Состав АПЛ, выведенных из эксплуатации

поколений АПЛ с ЯЭУ выпали суровые испытания – они совершали подледные плавания и плавания в экваториальных широтах. Беспрецедентны были длительные походы практически во все районы Мирового океана. Наука и практика обогатилась опытом эксплуатации ЯЭУ и АПЛ, который вряд ли еще когда-либо повторится в таком виде.

В этих условиях АПЛ и первого и второго поколения не избежали потерь вследствие катастроф [10, 11, 13, 14]. Головные АПЛ пр. 705 и 705 К выведены из эксплуатации досрочно по причине аварий их ППУ.

Атомные подводные лодки третьего поколения, отдельные образцы которых находятся в эксплуатации и в настоящее время, охарактеризованы в табл. 6.

В связи с произошедшими изменениями в мире в конце XX в. к 2003 г. из состава ВМФ (рис. 1) выведены около 200 АПЛ трех поколений [10–14]: первого – 55, второго – 125, третьего – 11 и три опытные ПЛ. Вместе с ними ушел в историю неповторимый опыт эксплуатации (ОЭ) ЯЭУ, но остались на сотни лет блоки неупи-

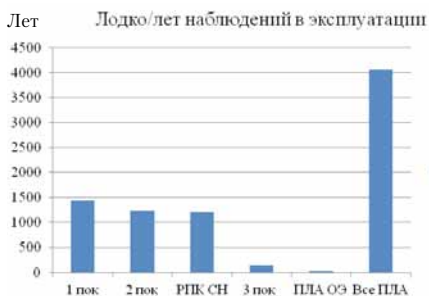


Рис. 2. Время наблюдения за АПЛ

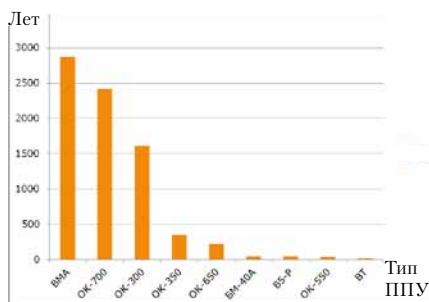


Рис. 3. Время наблюдений за эксплуатацией ЯЭУ АПЛ

лизированных реакторных отсеков.

За более чем полувековую историю эксплуатации АПЛ ВМФ, катастрофу потерпели 5 ед. [3, 9, 10, 11, 13, 14] по разным причинам (табл. 7).

Катастроф АПЛ из-за аварий ЯЭУ не отмечено. Исходя из данных табл. 7, например, частота гибели АПЛ первого поколения составляет 2/1439, что соответствует значению $1,39 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$. Частота гибели АПЛ первого и второго поколений соответствует значению $7,72 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

Анализ опыта эксплуатации ЯЭУ выше перечисленных АПЛ, уже выведенных из эксплуатации, позволяет (рис. 3) оценить частоту и риски возникновения аварийных ситуаций.

Практически ЯЭУ всех проектов

не избежали аварийных ситуаций с распространением радиоактивности. Всего отмечено 500 радиационных аварий [5, 7, 10, 11, 13, 14] на 360 реакторных установок. При этом считается, что данные аварийные ситуации могли в радиационном отношении вредно воздействовать на 20–25% обслуживающего персонала. В практике эксплуатации имели место более десятка тяжелых радиационных аварий с воздействием на 100% экипажа, в отдельных случаях с летальным исходом. Таким образом, количество радиационных аварий, приходящихся на один реактор, в среднем составляет 1,38. Частота радиационных аварий при общем времени наблюдения в 7600 лет составляет $6,57 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$.

Среди тяжелых радиационных аварий ЯЭУ следует отметить аварии [1, 3, 5–7, 9, 10, 13, 14] с тепловым взрывом активной зоны ядерного реактора на АПЛ с ППУ ВМА и сгорание активной зоны ППУ «ОК-300» из-за нарушения условий теплообмена при течи первого контура. Указанные подводные лодки на протяжении десятков лет сохраняют высокий радиационный фон, не позволяющий их утилизировать, и находятся в отстое.

Таким образом, полученный опыт эксплуатации транспортных ЯЭУ и АПЛ в целом позволяет создать базу данных для совершенствования образцов установок, с целью обеспечения их безопасной эксплуатации на АПЛ будущих поколений.

В настоящее время в условиях реформирования Вооруженных Сил РФ работа по обеспечению безопасной эксплуатации ЯЭУ и АПЛ в целом требует особого внимания в научном и практическом плане [2, 4, 5–8, 10–14].

Согласно [14], произошло изменение соотношения и «веса» морских сил ядерного сдерживания, динамика пред-

полагаемого изменения которых представлена на рис. 4.

В связи с таким резким изменением количественного и качественного состава морских сил ядерного сдерживания противостоящих сторон, гаранта поддержания стратегического паритета и в целом стабильности в мире, повышаются требования к обеспечению безопасной эксплуатации АПЛ на основе полученного полувекового опыта их использования по прямому назначению.

ВЫВОД

Обобщение опыта полувековой эксплуатации транспортных ЯЭУ в вопросах обеспечения их безопасности важно для совершенствования перспективных образцов установок последующих поколений, роста научно-технических достижений в ядерной энергетике, за которой будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. П. Атомная энергетика и научно-технический прогресс. – М.: Наука, 1978.
2. Александров М. Н. Безопасность человека на море. – Л.: Судостроение, 1983. – 206 с.
3. Алексин В. Флот и аварийность (проблема не только для флота, но и для всего государства) // Морской сборник. – 1992. – № 10. – С. 37–42.
4. Винокуров В. А. и др. Перезарядка корабельных ядерных реакторов. – СПб.: Изд. ВМИИ, 2005. – 450 с.
5. Горюгеджан Е. А. Конструктивное обеспечение минимизации риска воздействия на окружающую среду аварийных атомных паропроизводящих установок АПЛ России при их длительном хранении в саркофагах. – Мат-лы междунар. науч. семинара. Москва, 24–26 ноября 1997 г. – М.: ИБРАЭ, 1997.
6. ГОСТ 22.0.05–95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных и чрезвычайных ситуаций. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
7. Гусев Л. Б., Щербина Н. Я. Андреева Е. Ю. Состояние процесса вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ. – Четвертая Международ. конфер. и выставка по морским интеллектуальным технологиям МОРИНТЕХ-2001. – СПб., 2001.
8. Ершов Г. А., Калинин А. И., Петров С. А., Щербина Н. Я. Современные компьютерные технологии и вероятностный анализ безопасности корабельных ядерных энергетических установок // Морской вестник. – 2012. – № 4 (44). – С. 79–85.
9. Зубков Р. Аварийность ПЛ за рубежом // Морской сборник. – 1988. – № 3. – С. 81–87.
10. Ильин В. Е., Колесников А. И. Подводные лодки России: Ил. справ. – М.: ООО Апрель, 2001. – 288 с.
11. История отечественного судостроения. В 5 т / Под ред. И. Д. Спасского – Т. 5. – СПб. Судостроение, 1996.
12. Капитанец И. М. Сильный флот – сильная Россия. – М.: ВЕЧЕ, 2006. – 536 с.
13. Лисин С. А. Хронология аварий и катастроф отечественных подводных лодок. – СПб.: Галера Принт, 2011. – 456 с.
14. Мормуль Н. Г. Катастрофы под водой. – Мурманск, 1999. – 572 с. ■

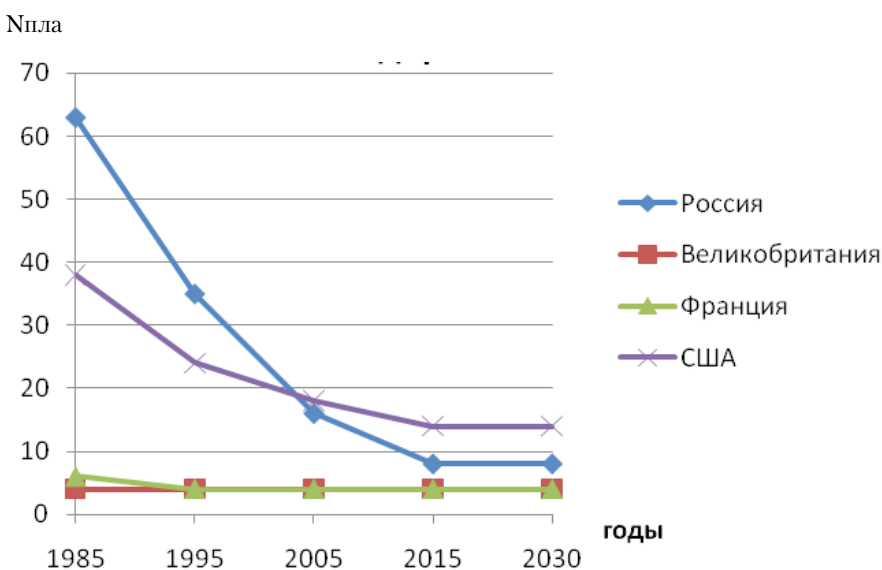


Рис. 4. Динамика изменения морских сил ядерного сдерживания

В настоящее время происходит процесс быстрого роста боевых возможностей и огневой мощи кораблей. Увеличиваются количество и эффективность систем оружия, устанавливаемых на кораблях. Это требует уменьшения массы и габаритов корабельных систем и комплексов и повышения эффективности их использования, надежности и боевой живучести. Снижение массогабаритных характеристик корабельной аппаратуры особенно актуально для подводного флота, развитие которого на протяжении последних 20–30 лет идет по линии снижения водоизмещения кораблей при сохранении их боевой эффективности. Борьба за габариты для подводных лодок – одна из сложнейших кораблестроительных проблем. Чем меньше лодка, тем больше ее скрытность.

Массогабаритные характеристики и энергопотребление являются очень важным ограничением в первую очередь для неатомных (обычных) подводных лодок относительно небольшого водоизмещения (1500–2500 т), которые в последнее десятилетие получили интенсивное развитие. Именно эти корабли в настоящее время обладают более высокой акустической скрытностью.

Одним из наиболее перспективных путей снижения массогабаритных характеристик корабельной аппаратуры является переход к созданию интегрированных систем управления. В качестве примера интеграции боевых систем и технических средств на подводной лодке является созданный ОАО «Концерн «НПО «Аврора» комплект агрегатированных средств «Литий», в состав которого входят:

- система управления техническими средствами «Лена», обеспечивающая управление электроэнергетической системой, главной энергетической установкой и общекорабельными средствами;
- автоматизированная система боевого управления, объединяющая боевую информационно-управляющую систему с системой управления торпедными аппаратами;
- общекорабельная система обмена данными, интегрирующая различные интерфейсы функциональных комплексов в единую систему обмена данными.

Процесс создания корабельных интегрированных систем имеет два аспекта (уровня). *Первый аспект* – технологический (технический уровень интеграции), предполагающий создание на основе инновационных технических решений:

- многофункциональных антенных устройств – широкополосных фазированных антенных решеток;
- интегрированных мостиковых систем;
- объединенных систем освещения обстановки и управления оружием; и т. п.

Технической базой реализации этого уровня интеграции являются цифровые технологии, а организационной основой – концентрация работ под руководством единого заказчика и их исполнение единым подрядчиком, несущим всю полную ответственность за конечный результат.

Технический уровень интеграции приводит к экономическим выгодам. При этом снижение экономических затрат возможно за счет:

- использования единых технологических решений (аппаратно-конструктивного исполнения и программно-математического обеспечения), применяемых при разработке аппаратуры;
- сокращения номенклатуры и количества приборного оборудования, унификации радиоэлектронного оборудования и его пультов;

- перехода к взаимодействию комплексов, систем и их элементов на основе общекорабельной системы обмена данными;
- реализации единых систем документирования и электропитания;
- унификации ЗИП и системы мониторинга неисправностей;
- сокращения количества личного состава и упрощения его подготовки.

Наиболее важным в интеграции вооружения и техники корабля является *второй аспект* – информационный уровень интеграции. Он носит в наибольшей степени системотехнический характер (т. е. предполагает переход от отдельных, недостаточно скоординированных между собой разработок различных видов вооружений к системному проектированию) и отражает возможность получения новых системных качеств по сравнению с простым сложением возможностей объединяемых систем и комплексов (синергетический эффект). Информационный уровень интеграции приведет к повышению боевой эффективности корабля.

Современная тенденция все большего влияния на развитие мирового кораблестроения внедрения электроники и информационных технологий должна привести к созданию корабля как единой боевой системы «корабль–оружие», основной составляющей которой станет интегрированная система вооружения. Разработка такой системы – процесс поэтапный, и на каждом этапе интеграция различается уровнем комплексирования боевых и технических средств.

Как показали исследования [1], создание современных кораблей возможно только при системном подходе к разработке их радиоэлектронного вооружения. Такой подход предусматривает объединение отдельных источников информации о надводных целях корабля в интегрированный комплекс освещения надводной обстановки (ИК ОНО) (технический уровень интеграции) и формирование общего информационного пространства корабля на основе сбора, отождествления и совместной обработки информации от всех корабельных источников – путем их комплексирования (информационный уровень интеграции).

Создание интегрированного комплекса (ИК) освещения надводной обстановки:

- во-первых, даст экономические выгоды за счет сокращения аппаратной избыточности путем внедрения унифицированных аппаратных и программных средств обработки данных от различных источников информации;
- во-вторых, приведет к повышению боевой эффективности

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КОРАБЕЛЬНОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ОСВЕЩЕНИЯ НАДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ЭНТРОПИЙНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ

Г.А. Коржавин, д-р техн. наук, проф., генеральный директор,
Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ,
первый зам. генерального директора,
О.Г. Мальцев, д-р техн. наук, начальник науч.-исслед. лаборатории,
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»
контакт. тел. (812) 271 45 85, 271 67 74

корабля за счет повышения качества решения задач по освещению надводной обстановки (ОНО) путем комплексирования различных источников информации.

Цель статьи – изложить основные подходы к комплексированию информации в корабельном ИК ОНО и оценить по энтропийному показателю качество информации при решении задач обнаружения, измерения координат и вероятностной классификации целей.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ О НАДВОДНЫХ ЦЕЛЯХ

Увеличение количества источников информации (как однотипных, так и, что особенно важно, разнотипных, основанных на различных физических принципах) улучшает различные тактические характеристики ИК ОНО. Действительно, дублирование, например, измерителей, определяющих одни и те же координаты цели (иначе говоря, структурная избыточность), повышает надежность ИК ОНО. Объединение радиотехнических измерителей с нерадиотехническими улучшает помехозащищенность ИК ОНО, так как последние не подвержены действию радиопомех. Структурная избыточность, при которой одна и та же координата измеряется несколькими устройствами, приводит к информационной избыточности, что позволяет получить больше полезной информации и тем самым повысить точность действия ИК ОНО.

Возможны два основных подхода к решению задачи комплексирования источников информации [2]: оптимальное комплексирование по входам источников информации и комплексирование по их выходам. При первом подходе осуществляется оптимальная совместная обработка наблюдений векторного процесса, компоненты которого представляют собой входные данные устройств первичной обработки сигналов. При этом синтезируются не только система объединения информации, но и сами устройства первичной обработки сигналов. Такой подход позволяет извлекать максимальное количество информации из наблюдаемого векторного процесса и синтезировать оптимальную комплексную систему обработки информации.

При втором подходе выполняется оптимальная обработка наблюдений в каждом устройстве первичной обработки сигналов и затем результаты на выходах оптимальным образом объединяются. При этом синтезируется только комплексная система обработки информации. Поскольку эта система синтезируется при ограничении на структуру устройств первичной обработки сигналов (ибо она задана), качество обработки может оказаться сниженным по сравнению с качеством обработки при первом подходе к решению задачи комплексирования источников информации, когда указанные ограничения не вводятся. Тем не менее, комплексирование в соответствии со вторым подходом целесообразно, поскольку оно позволяет синтезировать оптимальную комплексную систему с учетом тех устройств первичной обработки сигналов, которые уже имеются в распоряжении разработчика аппаратуры, а в ряде случаев и единственно возможным с точки зрения практической реализуемости, способом объединения информации.

Считая возможность практической реализуемости решающим фактором при выборе одной из двух изложенных выше альтернатив, сосредоточим наше внимание на втором подходе и рассмотрим комплексирование источников информации по их выходам в задачах обнаружения, измерения координат и вероятностной классификации целей.

Комплексирование по выходам в задаче обнаружения целей. В этом случае «обнаружители» решают задачу обнаружения сигнала (цели) независимо друг от друга, а комплексирование осуществляется путем совместной обработки выходных данных обнаружителей, т. е. результатов их решений о наличии или отсутствии цели. Оптимизация комплексирования по выходам, так же как и при комплексировании по входам, основана на критерии отношения правдоподобия с той лишь разницей,

что наблюдения в этом случае представляют собой не радиосигналы, а решения обнаружителей.

Решение задачи оптимального комплексирования обнаружителей по правилу взвешенного голосования выполняется по алгоритму [3]

$$\sum_{i=1}^n a_i \ln \left[\frac{d_i(1-f_i)}{f_i(1-d_i)} \right] \begin{matrix} > \frac{\Gamma_1}{\Gamma_0} \\ < \eta_\Sigma \end{matrix}, \quad (1)$$

где $a_i = 1$ и $a_i = 0$ – частные решения i -го, $i = 1, 2, \dots, n$ обнаружителя соответственно о наличии цели и ее отсутствии, принимаемые с вероятностями правильного обнаружения цели d_i и ложной тревоги f_i ; Γ_1, Γ_0 – решения (гипотезы) соответственно об обнаружении и необнаружении цели в комплексной системе; η_Σ – порог, выбираемый по вероятности ложной тревоги для комплексной системы (в соответствии с критерием Неймана–Пирсона).

Согласно этому алгоритму, решения обнаружителей $a_i = 1$ суммируются с весами $Q_i = \ln [d_i(1-f_i)/f_i(1-d_i)]$, которые повышают роль тех обнаружителей, где более вероятно правильное предварительное решение, т. е. где выше вероятность d_i правильного обнаружения и ниже вероятность f_i ложной тревоги.

При фиксированных вероятностях d_i и f_i , $i = 1, 2, \dots, n$ решений, принимаемых обнаружителями, разные решающие правила дают разные значения итоговых вероятностей d_Σ и f_Σ . Чтобы выбрать оптимальное (по критерию Неймана–Пирсона) решающее правило, т. е. порог η_Σ в (1), необходимо получить выражения для вероятностей d_Σ и f_Σ при оптимальной обработке (1).

Случайная величина $Z_i = Q_i a_i$ имеет плотность вероятности $P_i d(Z_i - Q_i) + (1 - P_i) d(Z_i)$,

где $d(x)$ – дельта-функция; $P_i \equiv d_i$ или $P_i \equiv f_i$. Переходя к характеристической функции и выполняя (после необходимых математических выкладок) обратное преобразование Фурье, получаем закон распределения решающей статистики $Z = \sum_{i=1}^n Z_i$ в виде [3]

$$p_z = \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \delta(Z) + \sum_{q=1}^n \sum_{i_1=1}^{n-q+1} \sum_{i_2=i_1+1}^{n-q+2} \dots \sum_{i_q=i_{q-1}+1}^n P_{i_1} P_{i_2} \dots P_{i_q} \delta \left(Z - \sum_{l=1}^q Q_{i_l} \right) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i_1, i_2, \dots, i_q}}^n (1 - P_j). \quad (2)$$

Законы распределения $p_z^{(1)}$ и $p_z^{(0)}$ решающей статистики при наличии цели и для области помех получим заменой в выражении (2) P_i на d_i и f_i соответственно.

При изменении q от 1 до n кратность сумм в (2) также изменяется от 1 до n (при $q = 1$ – по одной сумме по i_1 , при $q = 2$ – двойные суммы по i_1 и i_2 , и так далее).

Тогда итоговые вероятности правильного обнаружения цели d_Σ и ложной тревоги f_Σ определяются как

$$d_\Sigma = \sum_{Z \geq \eta_\Sigma} p_z^{(1)}; \quad f_\Sigma = \sum_{Z \geq \eta_\Sigma} p_z^{(0)},$$

где порог η_Σ в соответствии с критерием Неймана–Пирсона определяется из условия обеспечения вероятности f_Σ не более заданной величины.

Если вероятности правильного обнаружения цели и ложной тревоги всех обнаружителей одинаковы (и равны соответственно d и f), то весовые коэффициенты Q_i также становятся одинаковыми, и их можно опустить без потери оптимальности. В результате получим решение задачи оптимального комплексирования обнаружителей по правилу простого голосования

$$\sum_{i=1}^n a_i \begin{matrix} > \frac{\Gamma_1}{\Gamma_0} \\ < \eta_o \end{matrix}. \quad (3)$$

Итоговые вероятности d_Σ и f_Σ в этом случае рассчитываются так же, как и характеристики цифрового обнаружителя:

$$d_{\Sigma} = \sum_{q=\eta_0}^n c_n^q d^q (1-d)^{n-q}, \quad f_{\Sigma} = \sum_{q=\eta_0}^n c_n^q f^q (1-f)^{n-q}, \quad (4)$$

где c_n^q – число сочетаний из n элементов по q .

Порог h_0 в соответствии с критерием Неймана-Пирсона определяется из условия обеспечения вероятности f_{Σ} не более заданной величины.

Комплексирование по выходам в задаче измерения координат целей. Рассмотрим задачу измерения координат (оценивания параметров), предполагая, что каждый измеритель самостоятельно формирует частную оценку $\alpha_i, i = 1, 2, \dots, n$, некоторого параметра a (например, угловой координаты). Возникает задача построения по имеющимся оценкам более точной оценки.

При использовании частных оценок для построения более точной оценки параметра a будем различать следующие случаи: частные оценки некоррелированы и известны их дисперсии; частные оценки коррелированы и известна их ковариационная матрица. Будем считать также, что оценки получены по измерениям, которые не имеют систематических ошибок.

Итак, оценки $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ параметра a являются несмещенными (математическое ожидание $M\{\alpha_i\} = a$) и известна их ковариационная матрица. Положим, что дисперсия $D\{A\} = (D_{ij})$, где $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $D_{ij} = \text{cov}(\alpha_i, \alpha_j)$.

Предположим, что дисперсия $D\{\alpha_i\} = \sigma_i^2$, а $\text{cov}(\alpha_i, \alpha_j) = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$, где ρ_{ij} – коэффициент корреляции оценок α_i, α_j . Тогда $D_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$. Величины σ_i, ρ_{ij} предполагаются известными.

Коэффициенты линейной несмещенной оценки параметра a

$$a_B = b_1 \alpha_1 + b_2 \alpha_2 + \dots + b_n \alpha_n \quad (5)$$

удовлетворяют, очевидно, следующему условию:

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1. \quad (6)$$

Среди оценок (5) будем искать оценку с наименьшей дисперсией.

Объединение некоррелированных оценок. В рассматриваемом случае $\rho_{ij} = 0 (i \neq j)$ и дисперсия

$$D\{\alpha_B\} = Q_0(B) = b_1^2 \sigma_1^2 + b_2^2 \sigma_2^2 + \dots + b_n^2 \sigma_n^2. \quad (7)$$

Найдем $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, минимизируя $Q_0(B)$ при наличии связей (6). Используя метод неопределенных множителей Лагранжа, получим [4], что минимум достигается при $b_i = h_i$, где $h_i = h_i(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2) = \sigma_i^{-2} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^{-2} \right)^{-1}$.

Таким образом, оценка $\tilde{\alpha} = h_1 \alpha_1 + h_2 \alpha_2 + \dots + h_n \alpha_n$ имеет минимальную дисперсию. Подставляя $b_i = h_i$ в (7), получаем, что дисперсия этой оценки

$$D\{\tilde{\alpha}\} = \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^{-2} \right)^{-1}. \quad (8)$$

Очевидно, что $D\{\tilde{\alpha}\} \leq \min(\sigma_i^2)$.

Объединение коррелированных оценок. В общем случае дисперсия оценки (5) определяется формулой

$$D\{\alpha_B\} = Q(B) = \sum_{i,j=1}^n D_{ij} b_i b_j, \quad (9)$$

где $D_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$.

Коэффициенты b_i , минимизирующие (9) при наличии связей (6), находятся из системы уравнений, полученной с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа. Система уравнений имеет вид [4]

$$\frac{\partial \left(Q(B) + \lambda \cdot \left(\sum_{i=1}^n b_i - 1 \right) \right)}{\partial b_i} = 2 \sum_{j=1}^n D_{ij} b_j + \lambda = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где λ – неопределенный множитель Лагранжа.

Положим $D^{-1} = (D_{ij}^*)$ – матрица, обратная к матрице

$$D = (D_{ij}), \quad \text{и } W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij}^*, \quad W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i,j=1}^n D_{ij}^*, \quad H_i = W_i / W.$$

Теперь оценку с минимальной дисперсией (при $b_i = H_i$) можно записать в виде

$$\mathcal{E} = H_1 \alpha_1 + H_2 \alpha_2 + \dots + H_n \alpha_n.$$

Дисперсия этой оценки, согласно [4], $D\{\mathcal{E}\} = 1/W$.

Любую из оценок $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ можно рассматривать как линейную функцию от этих оценок, и, следовательно, $D\{\mathcal{E}\} \leq \min(\sigma_i^2)$, так как \mathcal{E} имеет минимальную дисперсию среди линейных оценок.

Комплексирование по выходам в задаче вероятностной классификации целей. Задача классификации (распознавания, опознания) объектов состоит в отнесении предъявляемых объектов к некоторым классам из заданного списка классов.

При обнаружении источниками информации целей корабельного соединения различных классов требуется выделить из соединения главные цели как наиболее предпочтительные. Для этого необходимо либо осуществить распознавание целей, результаты которого выражаются в разделении всего множества классифицируемых целей на два класса – главных и неглавных, либо выполнить вероятностную классификацию целей, под которой будем понимать определение на множестве целей корабельного соединения послеопытных (апостериорных) вероятностей принадлежности каждой из них к классу главных. Более рационально проведение вероятностной классификации целей.

Если имеется несколько распознающих устройств (классификаторов), то, объединяя их решения по вероятностной классификации целей, можно повысить достоверность классификации целевой обстановки. Воспользуемся коллективными процедурами принятия решений и рассмотрим случай наличия в корабельном соединении одной главной цели – соединение кораблей типа авианосной ударной группы.

Тогда апостериорные вероятности принадлежности целей к классу главных, полученные в результате обработки частных решений классификаторов, могут быть записаны в виде

$$P_j^{(\Sigma)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta(j - J_i), \quad j = 1, 2, \dots, s, \quad (10)$$

– для коллективной процедуры вероятностной классификации целей простым голосованием и в виде

$$P_j^{(\Sigma)} = \frac{\sum_{i=1}^n P_j^{(i)} \cdot \delta(j - J_i)}{\sum_{i=1}^n \max_j (P_j^{(i)})}, \quad j = 1, 2, \dots, s$$

– для коллективной процедуры вероятностной классификации целей взвешенным голосованием.

Здесь $d(x)$ – дельта-функция; $J_i = \arg \max (P_j^{(i)})$ – частное решение i -го классификатора «наиболее вероятно, что J_i -я цель – главная»; $P_j^{(i)}$ – апостериорная вероятность принадлежности j -й цели к классу главных, рассчитанная i -м классификатором.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ И ВЕРОЯТНОСТНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕЛЕЙ

Наиболее полно технический уровень радиолокационных систем характеризует информационная оценка, так как она отражает основное назначение радиолокационных систем и связана с получением, переработкой информации и принятием решений в этих системах [5]. Поскольку ре-

Результаты расчетов по формулам (4) и (12)

n	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$
Вероятность правильного обнаружения цели	0,6	0,36	0,65	0,82	0,91	0,96
Вероятность ложной тревоги	10^{-3}	10^{-6}	$3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}	$1,5 \cdot 10^{-5}$
I/K	0,391	0,209	0,443	0,642	0,781	0,878

шение задач обнаружения, измерения координат и вероятностной классификации целей сопровождается преобразованием информации, то эффективность решения задачи может быть оценена величиной, на которую уменьшилась энтропия (мера степени неопределенности информации о наблюдаемых целях) после ее решения, т. е. количеством информации, перерабатываемой системой при решении этой задачи.

Как известно [6], количество I получаемой информации равно разности исходной энтропии (исходной неопределенности) $H(\bar{g})$ и ненадежности (неопределенности решения относительно состояния исследуемой ситуации) $H(\bar{g}^* / \bar{g})$:

$$I = H(\bar{g}) - H(\bar{g}^* / \bar{g}) = -\sum_i p(\bar{g}_i) \log_m p(\bar{g}_i) + \sum_{i,j} p(\bar{g}_i) p(\bar{g}_j^* / \bar{g}_i) \log_m \frac{p(\bar{g}_i) p(\bar{g}_j^* / \bar{g}_i)}{\sum_k p(\bar{g}_k) p(\bar{g}_j^* / \bar{g}_k)}, \quad (11)$$

где $G = \{\bar{g}_i\}$ и $G^* = \{\bar{g}_j^*\}$ – множества соответственно истинных и наблюдаемых состояний исследуемой ситуации; $p(\bar{g}_i)$ – распределение множества G ; $p(\bar{g}_j^* / \bar{g}_i)$ – вероятность наблюдаемого состояния \bar{g}_j^* при условии, что истинным состоянием является \bar{g}_i .

Основание m логарифма определяет единицу измерения количества информации. При $m = 2$ количество информации измеряется в битах, при $m = e$ (e – основание натурального логарифма) – в натах, а при $m = 10$ – в хартли.

Учитывая специфику рассматриваемых задач, приведем формулу (11) к выражениям, удобным для практического использования.

Обнаружение целей. Предположим, что зона ответственности на морской поверхности имеет площадь S_0 . Корабельный источник информации обнаруживает цели из зоны ответственности, в результате чего в пространстве измеряемых характеристик целей получена совокупность точек отображения, т. е. радиолокационное изображение.

Разобьем всю зону ответственности на элементы, каждый из которых имеет площадь S_0 . Каждый такой элемент представляет собой область морской поверхности, в которой может находиться только одна цель. При этом размеры элемента по координатам выбираются исходя из допустимого расстояния между соседними целями.

Предположим, что элемент имеет форму прямоугольника с размерами сторон Δx и Δz . Количество таких элементов в зоне ответственности $K = S_0 / S_0$.

При определении количества информации, получаемой при обнаружении целей, формула (11) может быть преобразована к виду [7]

$$I = K \cdot \left[1 - \log_m \sqrt{\frac{(2-d-f)^{2-d-f} (d+f)^{d+f}}{(1-d)^{1-d} (1-f)^{1-f} d^d f^f}} \right], \quad (12)$$

где d – вероятность правильного обнаружения цели; f – вероятность ложной тревоги.

Выражение (12) получено для случая отсутствия априорной информации об исследуемой ситуации, т. е. распределение множества G принято равномерным $p(\bar{g}_i) = 1/2^K$ (при равномерном распределении, как известно [6], достигается максимум энтропии).

В случае идеального обнаружения ($d = 1, f = 0$) из формулы (12) имеем $I = K$. Таким образом, второе слагаемое в квадратных скобках выражения (12) характеризует относительные потери информации из-за неидеальности обнаружения.

С использованием формул (4) и (12) при $m = 2$ выполнен расчет относительного количества I/K информации, получаемой отдельным обнаружителем и комплексной системой из $n = 2...6$ обнаружителей, принимающей решение по правилу простого голосования (3). Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Исследования показали, что во всем диапазоне изменения d от 0 до 1 зависимость I/K от d изображается кривой, выпуклой вниз. Следовательно, информационная значимость улучшения параметра d возрастает с его ростом, т. е. с увеличением этого параметра количество информации, получаемой на единицу d , растет.

Измерение координат целей. Предположим, что известны среднеквадратические погрешности (СКП) σ_x и σ_z измерения декартовых координат целей. Тогда в зоне ответственности можно выделить области, каждая из которых имеет площадь S_q , с центрами в точках отображения и размерами, зависящими от СКП σ_x и σ_z , такие, что цели будут находиться в соответствующих областях с вероятностью, близкой к единице. Для этого размеры областей по координатам следует выбирать в соответствии с «правилом трех сигм». Будем считать, что ошибки измерения декартовых координат целей независимы и распределены по нормальному закону с нулевыми математическими ожиданиями и дисперсиями σ_x^2 и σ_z^2 .

В каждой из выделенных областей содержится $Q = S_q / S_0$ элементов площади S_0 . Пронумеруем все эти элементы от 1 до Q . Каждому элементу $q, q = 1, 2, \dots, Q$, соответствует определенное отклонение по координатам его центра от центра области.

Учитывая, что ошибки измерения декартовых координат целей приняты независимыми и нормально распределенными, вероятность наличия цели в элементе $q, q = 1, 2, \dots, Q$, из выделенной области определится как

$$P_q = \left[\Phi \left(\frac{x_q + \Delta x / 2}{\sigma_x} \right) - \Phi \left(\frac{x_q - \Delta x / 2}{\sigma_x} \right) \right] \times \left[\Phi \left(\frac{z_q + \Delta z / 2}{\sigma_z} \right) - \Phi \left(\frac{z_q - \Delta z / 2}{\sigma_z} \right) \right],$$

где $\Phi(u) = (2\pi)^{-0,5} \int_0^u \exp\{-t^2/2\} dt$ – интеграл вероятности;

x_q и z_q – отклонения центра элемента q от центра выделенной области по соответствующим координатам.

Распределение множества G , как и при обнаружении целей, примем равномерным и ограничимся случаем наблюдения одной цели. Тогда $p(\bar{g}_i) = 1/K$, а вероятность наблюдаемого состояния \bar{g}_i^* при условии, что истинным состоянием является \bar{g}_i , равна $p(\bar{g}_i^* / \bar{g}_i) = P_q$.

С учетом этих выражений произведем в (11) замену суммирования по i и j суммированием по q . В результате получим [8]

$$I = \log_m K + \sum_{q=1}^Q P_q \log_m P_q. \quad (13)$$

В случае безошибочного измерения координат цели ($\sigma_x = \sigma_z = 0$) вероятность $P_q = 1$, и из формулы (13) имеем $I = \log_m K$.

С использованием формул (8) и (13) при $m = 2$ выполнен расчет количества I информации, получаемой отдельным измерителем и комплексной системой из $n = 2...6$ статистически независимых измерителей (объединение некоррелированных частных оценок). Результаты расчетов представлены в табл. 2. Полагалось, что СКП $\sigma_x = \sigma_z = s$ и они являются одинаковыми у всех измерителей, количество элементов из области ответственности $K = 400$, а их размеры $\Delta x = \Delta z = 2$ км.

Таблица 2.

Результаты расчета количества информации с использованием формул (8) и (13)

	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
СКП измерения координат, км	3	2,12	1,73	1,5	1,34	1,22
I, бит	3,35	4,38	4,85	5,18	5,52	5,76

Исследования показали, что во всем диапазоне изменения s от 0 до ∞ зависимость I от s изображается кривой, выпуклой вниз. Следовательно, информационная значимость улучшения точного параметра возрастает с его ростом, т. е. с увеличением этого параметра количество информации, получаемой на единицу точности, растет.

Вероятностная классификация целей. Распределение множества G , как и ранее, примем равномерным и рассмотрим случай наличия в корабельном соединении одной главной цели. Тогда можно записать, что $p(\bar{g}_i) = 1/s$, где s – количество целей в корабельном соединении, а вероятность наблюдаемого состояния \bar{g}^* при условии, что истинным состоянием является \bar{g} , представить в виде

$$p(\bar{g}^* / \bar{g}) = P_r^k (1 - P_r)^{1-k} \bar{P}_n^{1-k} (1 - \bar{P}_n)^k, \quad k = 0, 1,$$

где P_r – вероятность правильной классификации главной цели; $\bar{P}_n = (1 - P_r) / (s - 1)$ – средняя вероятность ложной классификации неглавной цели; k – количество правильно классифицированных главных целей.

С учетом этих выражений произведем в формуле (11) замену суммирования по i и j суммированием по k . В результате получим [8]

$$I = \log_m s + (1 - P_r)^2 \log_m \frac{(1 - P_r) \bar{P}_n}{(1 - P_r)^2 + P_r (1 - \bar{P}_n)} + P_r (1 - \bar{P}_n) \log_m \frac{P_r (1 - \bar{P}_n)}{(1 - P_r)^2 + P_r (1 - \bar{P}_n)} \quad (14)$$

В случае безошибочной классификации целей ($P_r = 1$, $\bar{P}_n = 0$) из формулы (14) имеем $I = \log_m s$.

В отличие от задач обнаружения и измерения координат целей, когда характеристики d_s , f_s и $D\{\bar{\alpha}\}$ были рассчитаны аналитически по формулам (4) и (8) соответственно, для задачи вероятностной классификации целей вероятность P_r правильной классификации главной цели может быть оценена методом статистического моделирования на ПЭВМ. При разработке статистической модели предполагалось, что цели корабельного соединения характеризуются некоторым отличительным признаком (ОП) T , замеры которого используются для вероятностной классификации целей, и у главной цели значение этого ОП наибольшее.

Введем обозначения: T_j и $\tilde{T}_j^{(i)}$ – соответственно истинное и измеренное i -м, $i = 1, 2, \dots, n$, источником информации значения ОП у j -й, $j = 1, 2, \dots, s$, цели. Распределение погрешности измерения ОП примем нормальным с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением (СКП измерения ОП) s_T .

Упорядочим цели по невозрастанию замеров ОП:

$$\tilde{T}_{j_1}^{(i)} \geq \tilde{T}_{j_2}^{(i)} \geq \dots \geq \tilde{T}_{j_k}^{(i)} \geq \dots \geq \tilde{T}_{j_s}^{(i)}, \quad (15)$$

где $j_1, j_2, \dots, j_s \in \{1, 2, \dots, s\}$, $j_k \neq j_m$ при $k \neq m$.

Применим процедуру последовательного, начиная с первой цели в упорядоченном ряду (15), определения вероятностей принадлежности целей к классу главных.

Для цели под номером j_k вероятность того, что она является главной, а остальные $s - k$ целей (исключая цели под номерами j_1, j_2, \dots, j_{k-1} , для которых такие вероятности были определены ранее) – неглавные, определим как

$$P_{j_k}^{(i)} = \left(1 - \sum_{l=1}^{k-1} P_{j_l}^{(i)} \right) \prod_{v=k+1}^s \left[0,5 + \Phi \left(\frac{\tilde{T}_{j_k}^{(i)} - \tilde{T}_{j_v}^{(i)}}{\sqrt{2} s_T} \right) \right], \quad k = 1, 2, \dots, s,$$

где $\Phi(u) = (2\pi)^{-0,5} \int_0^u \exp\{-t^2/2\} dt$ – интеграл вероятности.

Вероятности $P_{j_k}^{(i)}$ имеют смысл весовых коэффициентов, поскольку для них справедливо $\sum_{k=1}^s P_{j_k}^{(i)} = 1$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Решение в комплексной системе классификаторов принималось по правилу простого голосования (10).

Моделирование выполнялось при следующих исходных данных: количество целей в корабельном соединении $s = 8$; истинные значения ОП целей $T_1 = 45$ ед., $T_2 = 20$ ед., $T_3 = 30$ ед., $T_4 = 18$ ед., $T_5 = 25$ ед., $T_6 = 50$ ед. – главная цель, $T_7 = 40$ ед., $T_8 = 20$ ед.; СКП измерения ОП $s_T = 10$ ед.

Вероятность P_r оценивалась как относительное количество реализаций, в которых главной цели присваивался наибольший весовой коэффициент.

С использованием результатов статистического моделирования и формулы (14) при $m = 2$ выполнен расчет количества I информации, получаемой отдельным классификатором и комплексной системой из $n = 2 \dots 6$ классификаторов, принимающей решение по правилу простого голосования (10). Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Результаты расчета количества информации с использованием статистического моделирования и формулы (14)

n	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
Вероятность правильной классификации главной цели	0,53	0,63	0,74	0,76	0,79	0,82
I, бит	1,89	2,21	2,48	2,54	2,59	2,68

Исследования показали, что во всем диапазоне изменения P_r от $1/s$ (априорного значения вероятности P_r) до 1 зависимость I от P_r изображается кривой, выпуклой вверх. Следовательно, информационная значимость улучшения параметра P_r уменьшается с его ростом, т. е. с увеличением этого параметра количество информации, получаемой на единицу P_r , снижается.

ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОТОБРАЖЕНИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ

Качество информации от любого источника или группы источников может быть охарактеризовано несколькими частными показателями. К числу основных показателей относятся:

- полнота отображения целевой обстановки (отношение количества отображенных целей к общему количеству целей в зоне ответственности источника информации);
- точность отображения целевой обстановки (СКП отображения);
- достоверность классификации целевой обстановки (вероятность правильной классификации главной цели).

Использование нескольких показателей качества во многих случаях приводит к значительному усложнению решения практически важных задач. Однако иногда требуется сравнивать качество информации на различных этапах ее обработки (например, до и после объединения источников информации в ИК ОНО). Использование в этом случае нескольких показателей может значительно затруднить вынесение решения о наилучшем качестве информации (или даже сделать решение невозможным) и, следовательно, о целесообразности введения дополнительного этапа ее обработки.

Отсюда следует, что для оценки качества информации целесообразнее применять один показатель, учитывающий основные частные показатели.

Наиболее общим подходом к построению единого показателя качества является информационный подход, основанный на определении энтропии информации о целях, находящихся в зоне ответственности источника информации.

Как и прежде, считаем, что в корабельном соединении входят цели двух классов – главные и неглавные – и требуется

выделить главные цели как наиболее предпочтительные. Поэтому нас будет интересовать энтропия информации о наличии главных целей в зоне ответственности источника информации.

Предположим, что зона возможного нахождения целей корабельного соединения на морской поверхности (зона ответственности источника информации) имеет площадь S_s . Источник информации отображает цели из зоны ответственности, в результате чего в пространстве измеряемых характеристик (двух декартовых координат) целей может быть получена совокупность точек отображения, т. е. радиолокационное изображение. Пусть на этом изображении имеется M точек. За счет помех различного характера некоторые точки будут ложными, т. е. в зоне ответственности источника информации им не будут соответствовать реальные (истинные) цели. Предположим, что известны вероятности $P_{ij}, j = 1, 2, \dots, M$, того, что точки отображения соответствуют реальным целям, и вероятности $P_{ij}, j = 1, 2, \dots, M$, того, что реальные цели являются главными. Известны также СКП σ_{xj} и σ_{zj} измерения координат целей. Тогда в зоне ответственности источника информации можно выделить области S_j из которых имеет площадь S_j с центрами в точках отображения и размерами, зависящими от ошибок σ_{xj} и σ_{zj} , такие, что в том случае, если точка отображения истинная, реальная цель находится в выделенной области с вероятностью, близкой к единице. Для того чтобы реальная цель находилась в этой области с указанной вероятностью, размеры области по координатам следует выбирать в соответствии с «правилом трех сигм».

Будем считать, что ошибки измерения координат целей независимы и распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсиями σ_{xj}^2 и σ_{zj}^2 .

Разобьем всю зону ответственности источника информации на элементы S_0 (каждый из которых имеет площадь S_0). Каждый такой элемент представляет собой область морской поверхности, в которой может находиться только одна цель. При этом размеры элементов по координатам следует выбирать исходя из допустимого расстояния между соседними целями.

Предположим, что элемент S_0 имеет форму прямоугольника с размерами сторон Δx и Δz . Количество таких элементов в зоне ответственности источника информации $K = S_s/S_0$.

Выберем произвольный элемент $k, k = 1, 2, \dots, K$ площадью S_0 в зоне ответственности источника информации. В общем случае для этого элемента при условии, что в нем имеется цель, может быть известна вероятность d_k правильного обнаружения цели. Если выбранный элемент не входит ни в одну область S_j , то вероятность наличия главной цели в этом элементе

$$P_{k0} = P_a \times (1 - d_k), \quad (16)$$

где P_a – априорная вероятность наличия главной цели.

Вероятность того, что выбранный элемент не входит ни в одну область S_j

$$P_s = \left(S - \sum_{j=1}^M S_j \right) / S.$$

Если выбранный элемент принадлежит области S_j , то для вычисления вероятности наличия главной цели в этом элементе необходимо, чтобы координаты точки отображения отклонились за счет ошибок от координат точки главной цели таким образом, что положению главной цели соответствует элемент k . В стробе площадью S_j содержится $Q_j = S_j/S_0$ элементов площадью S_0 . Пронумеруем все элементы области от 1 до Q_j . Каждому элементу $q, q = 1, 2, \dots, Q_j$, соответствуют отклонения x_q и z_q от центра области по соответствующим координатам. Тогда, учитывая независимость ошибок по координатам, получим такую вероятность, когда главная цель находится в элементе q области S_j

$$P_{jq} = \left[\Phi \left(\frac{x_q + \Delta x / 2}{\sigma_{xj}} \right) - \Phi \left(\frac{x_q - \Delta x / 2}{\sigma_{xj}} \right) \right] \times$$

$$\times \left[\Phi \left(\frac{z_q + \Delta z / 2}{\sigma_{zj}} \right) - \Phi \left(\frac{z_q - \Delta z / 2}{\sigma_{zj}} \right) \right],$$

где $\Phi(u) = (2\pi)^{-0.5} \int_0^u \exp\{-t^2/2\} dt$ – интеграл вероятности.

Координаты главной цели попадут в элемент q с вероятностью P_{jq} в том случае, если этот элемент принадлежит области, построенной относительно истинной точки отображения, соответствующей главной цели. Если же выбранный элемент принадлежит областям, построенным относительно ложной точки отображения или относительно истинной точки отображения, не соответствующей главной цели, или координаты главной цели не попадают в выбранный элемент с вероятностью $1 - P_{jq}$, то вероятность наличия главной цели в этом элементе будет определяться выражением (16). Тогда полная вероятность наличия главной цели в выбранном элементе, принадлежащем области S_j под номером q

$$P_{kjq} = P_{ij} P_{ij} P_{jq} + (1 - P_{ij} P_{ij} P_{jq}) \cdot P_{k0}.$$

Вероятность того, что элемент k находится в области S_j под номером q , есть $P_{sj} = S_0/S_s$ и не зависит от номера области и номера элемента в области. Это вероятность выбора произвольного элемента в зоне ответственности источника информации.

С учетом полученных соотношений по формуле полной вероятности можно определить вероятность наличия главной цели в любом элементе зоны ответственности источника информации

$$P_k = P_s P_{k0} + P \sum_{j=1}^M \sum_{q=1}^{Q_j} P_{kjq}.$$

Зная эту вероятность, можно, согласно [6], вычислить энтропию информации о наличии главной цели в k -м элементе из зоны ответственности источника информации

$H_k = -P_k \cdot \log_2 P_k - (1 - P_k) \cdot \log_2 (1 - P_k)$ и качество информации в зоне ответственности источника информации

$$J = \sum_{k=1}^K H_k.$$

Поскольку показатель качества определяется суммой энтропий во всех элементах, а с увеличением информации в каждом элементе его энтропия уменьшается, то более качественной информацией соответствует меньшая величина показателя J .

Полученный показатель качества позволяет сравнивать радиолокационные системы, имеющие различные комбинации таких характеристик, как полнота, точность отображения и достоверность классификации целевой обстановки, не вводя предположений о количестве и распределении главных и неглавных целей в зоне ответственности источников информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана целесообразность создания интегрированного комплекса освещения надводной обстановки по двум аспектам:

- технологическому, дающему экономические выгоды за счет сокращения аппаратной избыточности, что достигается внедрением унифицированных аппаратных и программных средств обработки данных от различных источников информации;

- информационному аспекту, приводящему к повышению боевой эффективности корабля за счет более качественного решения задач по освещению надводной обстановки, что обеспечивается комплексированием различных источников информации.

Рассмотрены подходы к комплексированию источников информации по их выходам в задачах обнаружения, измерения координат и вероятностной классификации целей и даны информационные оценки качества решения этих задач.

Приведена методика построения энтропийного показателя качества информации, пригодного для сравнения радиолокационных систем, имеющих различные комбинации частных показателей – полноты, точности отображения и достоверности классификации целевой обстановки, используемых для оценки процедур обнаружения, измерения координат и вероятностной классификации целей соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коржавин Г.А., Иванов В.П. Пути совершенствования корабельных контуров управления оружием//Труды 1 ЦНИИ МО. – 2002. – т. 2.
2. Иванов В.И., Тихонов В.И. О комплексировании двух измерителей//Техническая кибернетика. – 1986. – № 1. – С. 139–145.
3. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
4. Ватулин В.А., Телевинова Т.М., Чистяков В.П. Вероятностные методы в физических исследованиях. – М.: Наука, 1985. – 208 с.
5. Коган И.М. Теория информации и проблемы ближней радиолокации. – М.: Сов. радио, 1968. – 144 с.
6. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. / Пер. с англ. – М.: Иностран. лит., 1963. – 830 с.
7. Шмырев Е.М., Винорецкий Д.Д. Определение количества информации, получаемой при решении задач отображения//Вопросы радиоэлектроники, сер. Общие вопросы радиоэлектроники. – 1984. – вып. 9. – С. 13–19.
8. Подоплекин Ю.Ф., Коржавин Г.А., Мальцев О.Г. Информационные оценки качества обнаружения, определения координат, селекции и классификации морских объектов//Морская радиоэлектроника. – 2006. – № 3 (17). – С. 26–28. ■

Говоря о проблеме аварийности маломерных судов, необходимо отметить, что море было и остается грозной стихией, сферой деятельности человека, где он испытывает повышенный риск [3–6, 8–10]. Отечественными специалистами установлено [10], что основными причинами гибели маломерных судов являются субъективные (неграмотные действия личного состава и др.) и объективные (недостаточно высокое качество проектирования и строительства судна; низкая эффективность аварийно-спасательной техники и др.) факторы. В данной работе более подробно рассматривается техническая недооснащенность маломерных судов средствами их автоматического аварийного поиска, идентификации, обозначения местоположения и подъема на поверхность моря (буксировки на мелководье).

Следует также отметить, что вероятность спасения людей, оказавшихся в «воздушной подушке» затонувшего маломерного судна, полностью зависит от оперативности проведения всех выше указанных этапов поисково-спасательных работ. Ведь истории мореплавания и рыболовства известны десятки таких случаев. Понятно и то, что если не спасти дорогостоящее судно (например, яхту) или груз в кратчайший срок, то потом это станет просто нецелесообразным.

Разработанная проводниковая система «ГАРД», реализующая способ автоматического поиска и подъема маломерных судов прибрежного мореплавания и рыболовства, а также автоматических регистраторов судов, содержит следующие основные модули [8,9,11]:

– командный модуль, содержащий пульт управления (с автономным и внешним питанием 12 В), имеющий габариты 600×40×200 мм и вес 3 кг, гидроакустический излучатель цилиндрического типа габаритами: 160 (высота)×20 мм (диаметр) и вес 5 кг, кабель-трос длиной 100 м, размещенный на ручной лебедке. При этом несколько комплектов командного модуля, по числу привлекаемых поисковых (вертолеты, скоростные катера и др.) и поисково-спасательных (суда специального назначения) средств, находится в Береговом центре, по два комплекта находится на каждом носителе поисковых и поисково-спаса-

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК И ПОДЪЕМ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ ПРИБРЕЖНОГО МОРЕПЛАВАНИЯ, А ТАКЖЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГИСТРАТОРОВ СУДОВ

*С.А. Бахарев, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
Г.П. Дремлюга, канд. воен. наук, начальник отдела,
С.Е. Новиков, зам. начальника отдела,
А.В. Рогожников, начальник отдела, ЦНИИ «Курс».
контакт. тел. 8 (495) 365 84 63*

тельных средств, а также на самом маломерном судне (объекте аварийного поиска в случае форс-мажорных обстоятельств);

– всплывающий модуль (в исходном состоянии механически соединенный с донным модулем проводниковой системы «ГАРД») находится на каждом маломерном судне; он содержит блоки: приема, усиления и дешифрации гидроакустического кодированного сигнала управления $F_{кву}$, решающее устройство (процессор) и высокочастотный источник питания, а также радиопередатчик с антенной, размещенной внутри герметичного корпуса модуля, проблесковый маяк, сигнальные ракеты, уголкового отражатель радиолокационных сигналов, гидростат, светоотражатель, покрывающий герметичный корпус всплывающего модуля снаружи. При этом на маломерном судне имеется два-три (в зависимости от его размеров и конструктивных особенностей) всплывающих модуля, размещенных таким образом, чтобы при любом положении судна на дне как минимум один из них был свободным (не придавливался корпусом затонувшего судна) для всплытия;

– донный модуль (в исходном состоянии одной стороной механически соединенный с всплывающим модулем, а второй стороной, через трос – с корпусом маломерного судна или его якорно-швартовным устройством) находится на каждом маломерном судне и содержит блоки: приема, усиления и дешифрации гидроакустического кодированного сигнала управления $F_{кву}$,

распознавания ударных сигналов изнутри затонувшего маломерного судна (наносимых оставшимся в живых членом экипажа судна), механический размыкатель, цифровой накопитель информации, высокочастотный блок питания, а также запасы (по 200–300 м): линия-проводника и троса, уложенных определенным (исключающим запутывание при размотывании) образом в специальном отсеке маломерного судна. При этом количество донных модулей соответствует числу всплывающих модулей.

На рис. 1 показан внешний вид одной из модификаций проводниковой системы «ГАРД» (изготовленной в Республике Корея), в которой всплывающий и донный модули объединены конструктивно в один подводный модуль, а запасы линия и троса размещены вокруг герметичного подводного модуля.



Рис. 1. Внешний вид одной из модификаций проводниковой системы «ГАРД» (запасы линия и троса размещены вокруг подводного модуля)

На рис. 2 показан внешний вид другой модификации проводниковой системы «ГАРД» (также изготовленной в Республике Корея), в которой всплывающий и донный модули объединены

конструктивно в один подводный модуль, а запасы линия и троса размещены в специальном отсеке маломерного судна.



Рис. 2. Внешний вид одной из модулей проводниковой системы «ГАРД» (запасы линия и троса находятся в специальном отсеке на судне)

На поисковом и поисково-спасательном средстве кроме нескольких (не менее двух) командных модулей находятся: навигационная радиолокационная станция, радиопеленгатор электромагнитных сигналов с частотой $\omega_{эм}$ и акустический дальномер. На поисково-спасательном средстве дополнительно находятся: механическая «лапа-захват», опускаемая вместе с рабочим тросом по тросу проводниковой системы «ГАРД» на затонувшее маломерное судно и жестко фиксируемая на его палубе за якорно-швартовное устройство; устройство подъема (кран и т.д.) затонувшего маломерного судна на поверхность моря или его буксировки на мелководье.

Разработанный способ автоматического поиска, идентификации, подготовки и подъема на поверхность моря (или буксировки на мелководье) затонувшего маломерного судна прибрежного мореплавания или рыболовства реализуются следующим образом.

После наступления форс-мажорных обстоятельств – затопления маломерного судна – первый раз срабатывает гидростат, так как внешнее давление превышает на 0,5 атм атмосферное и включилось электрическое питание соответствующих блоков в донном и всплывающем модулях. При этом на цифровом накопителе информации начинают непрерывно регистрироваться все шумы и сигналы (например, крики людей, оказавшихся под водой в затонувшем судне, их удары изнутри о корпус судна и др.), поступающие через блоки приема и усиления сигналов обоих модулей.

После принятия аварийных сигналов управления F_{sos} (их усиления и распознавания (сравнения с типовыми для этой ситуации сигналами) на механический размыкатель донного модуля с выхода дешифратора подается электрический сигнал управления. После срабатывания механического размыкателя происходит механическое отсоединение всплывающего модуля от донного модуля, благодаря своей положительной плавучести и необходимому запасу линия и троса, предварительно размещенному либо вокруг корпуса донного модуля,

либо в специальном контейнере под ним, всплывающий модуль начинает всплывать на поверхность моря.

На поверхности моря второй раз срабатывает гидростат (внешнее давление стало равным атмосферному) и, таким образом, подается команда для работы радиопередатчика (для передачи стандартного сигнала SOS на береговой пост, ближайшие суда или на искусственный спутник Земли) и проблескового маяка, а также на запуск сигнальных ракет. При этом отражатель радиолокационных сигналов обеспечивает в соответствующей ситуации более высокую техническую заметность всплывающего модуля, а светоотражатели – его визуальную заметность в темное время суток.

Сигналы на частоте ω_i (при, например, $i = 1$ для яхты «Европа», $i = 2$ для катера с бортовым номером «1313», $i = 3$ для рыболовного баркаса «Бор» и т.д.) начинают принимать радиопеленгаторы соответствующего Берегового центра, ближайших дежурных поисковых и поисково-спасательных сил, а также ближайшие корабли и суда.

Полученные по радиоканалу стандартные сигналы SOS, а также данные от других источников (случайные свидетели и т.д.) немедленно передаются в Береговой центр. Для поиска затонувшего судна в заданный (или предполагаемый) район кораблекрушения оперативно выдвигаются мобильные поисковые силы, которые осуществляют поэтапный поиск в условных квадратах размером, например, 30×30 км (15 км – дальность надежного действия радиоканала и гидроакустического канала управления). При этом используются: в движении визуальные и технические (радиолокационная станция, радиопеленгатор и др.) средства поиска, на стопе – командный блок проводниковой системы «ГАРД» с опускаемым на глубину (например, 50 м при глубине района более 100 м) ненаправленным гидроакустическим излучателем. Общее время нахождения «на стопе» для скоростного судна (или время «зависания» для вертолета) составляет 2 мин.: 1 мин. – излучение трех серий гидроакустических кодированных сигналов управления $F_{ку}$ и 1 мин. – на постановку и выборку опускаемого гидроакустического излучателя, а дальность излучения сигналов – 15 км (радиус круга, в центре которого находится мобильное поисковое средство).

Следовательно, площадь эффективного подводного и надводного наблюдения (для эффективной дальности действия 15 км) составляет $S = 4\pi R^2) = 4 \times 3,14 \times 15^2 = 2826$ км², а гидроакустический кодированный сигнал управления применяют для обеспечения работы акустического дальномера (запрос – по гидроакустическому каналу, ответ – по

радиока-налу), а не для срабатывания механического замка системы «ГАРД».

При этом текущая дистанция между поисковым средством и всплывшем модулем проводниковой системы «ГАРД» в акустическом дальномере измеряется с помощью формирователя строба дистанции. На его первый (запускающий) вход поступает сигнал запроса $F_{ку}$, а ответный радиосигнал ω , имеющий задержку на время распространения гидроакустического кодированного сигнала $F_{ку}$, излученного при помощи радиопередающей антенны всплывающего модуля и принятого радиопеленгатором мобильного поискового средства, а также прошедшего через устройство обработки ответных сигналов блока технического измерения текущей дистанции, подается на второй (останавливающий) вход формирователя строба дистанции. Таким образом формируется импульс (строб) с длительностью, пропорциональной текущей дистанции от гидроакустического излучателя кодированных сигналов управления, опущенного под воду с борта мобильного поискового средства, до радиопередающей антенны всплывающего модуля проводниковой системы.

Затем мобильное поисковое средство на максимальной скорости перемещается на расстояние 30 км в следующую точку наблюдения, и процесс поиска всплывающего модуля проводниковой системы «ГАРД» продолжается в аналогичной последовательности.

После обнаружения (визуально или с помощью технических средств) на поверхности моря всплывающего модуля проводниковой системы «ГАРД» осуществляют в зависимости от складывающейся ситуации (удаленность места катастрофы от берега, глубина района, погодноклиматические условия, состав поисковых и поисково-спасательных сил и т.д.) последовательный подъем на борт скоростного поискового средства всплывшего модуля, линия (проводника) и троса.

В дальнейшем трос передают на подошедшее поисково-спасательное средство или ближайшее судно соответствующего водоизмещения, двигателем и якорно-швартовным устройством. Затем с помощью троса проводниковой системы «ГАРД» выбирают якорь-цепь затонувшего маломерного судна или осуществляют по нему спуск механического зацепа с рабочим тросом. После этого производят плавный отрыв затонувшего маломерного судна (с помощью рабочего троса или выбранной якорь-цепи) и буксировку (в сторону мелководья, берега, навстречу поисково-спасательному средству и т.д.), а затем подъем затонувшего маломерного судна на поверхность моря.

При этом спасение людей начинается уже на этапе подъема и буксировки на мелководье. Спасатели с поисково-

го судна с дополнительными аквалангами спускаются под воду и помогают людям, находящимся в воздушной подушке, выйти на поверхность. Однако если по каким-то причинам (погодноклиматическим и др.) это выполнить невозможно, то спасение людей из затонувшего маломерного судна начинают сразу же после его фиксации у борта поисково-спасательного судна или при его нахождении на мелководье когда в корпусе судна вываривают отверстие.

Рассмотрим второй, наиболее типичный, вариант поиска и подъема на поверхность моря затонувшего маломерного судна, поэтапную реализацию которого иллюстрирует рис. 3, когда никто изнутри судна такого сигнала «SOS» не подает (в затонувшем судне нет людей).

В этом случае по аналогии с вышеизложенным в район кораблекрушения оперативно выдвигаются мобильные поисковые силы, которые затем начинают вести поэтапный (в условных квадратах) поиск, используя сначала («на стопе») командный блок проводниковой системы «ГАРД» с опускаемым гидроакустическим излучателем, а затем, при движении, – визуальные и технические средства поиска на поверхности моря всплывающего модуля проводниковой системы «ГАРД».

При этом с помощью блоков приема, усиления и дешифрации, находящегося внутри донного модуля проводниковой системы «ГАРД», осуществляется прием гидроакустического кодированного сигнала $F_{ку}$, который затем усиливается до требуемого уровня и сравнивается с кодовым сигналом в блоке дешифрации. В случае совпадения кодов с выхода блока дешифрации на механический размыкатель донного модуля подается электрический сигнал управления, и всплывающий модуль, отсоединившись от донного модуля, благодаря собственной положительной плавучести и необходимому запасу линия-проводника, начинает всплывать на поверхность моря. Далее все происходит аналогичным образом.

Преимущества разработанного способа поиска и подъема на поверхность моря затонувшего судна.

1. Он позволяет существенно (на два порядка и более!) увеличить производительность поиска (произведения дальности действия средства поиска на скорость перемещения его носителя) за счет того, что дальность действия гидроакустического канала управления может составлять десятки километров, в качестве носителей командных модулей проводниковой системы «ГАРД» используются высокоскоростные надводные (катера и др.) и воздушные (вертолеты и др.) суда, а также сами люди (их удары изнутри о корпус), оказавшиеся в затонувшем маломерном судне.

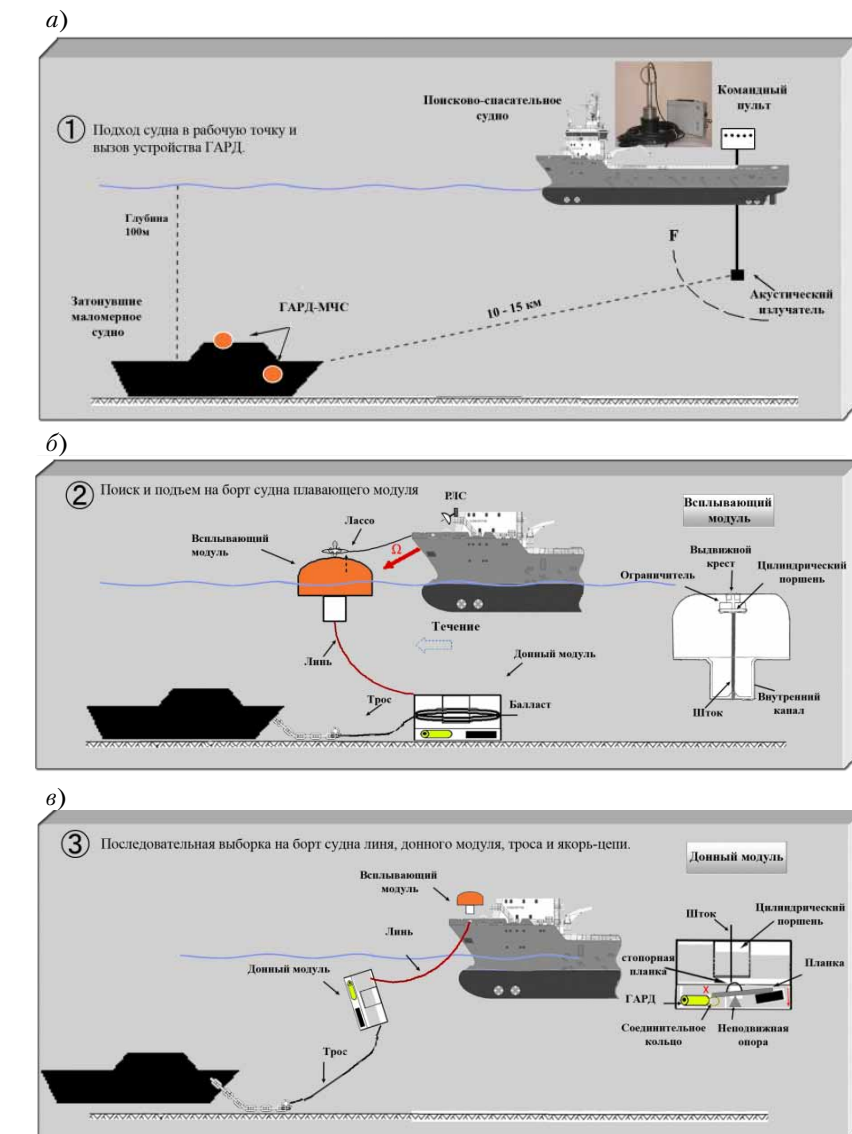


Рис. 3. Последовательность действий при поиске и подъеме затонувшего маломерного судна: а – вызов всплывающего модуля проводниковой системы «ГАРД»; б – поиск на поверхности моря и подъем всплывающего модуля проводниковой системы «ГАРД»; в – последовательный выбор линя и троса проводниковой системы «ГАРД», а также якорь-цепи затонувшего судна

2. Обеспечивается возможность получения информации о наличии живых людей в затонувшем маломерном судне за счет того, что дополнительно в качестве сигналов управления для срабатывания механического замка и подъема на поверхность моря всплывающего модуля используют удары о корпус изнутри судна.

3. Повышается вероятность спасения людей, оказавшихся в «воздушных подушках» затонувшем маломерном судне, за счет того, что существенного (на два порядка и более) уменьшается время его поиска, а также за счет более оперативного подъема затонувшего маломерного судна на поверхность моря, или его буксировки на мелководье.

4. Обеспечивается контроль состояния людей, находящихся в затонувшем маломерном судне в процессе проведения спасательных работ, поскольку непрерывно прослушиваются звуки, доносящиеся с судна.

5. Существенно (на порядок и более) сокращаются финансовые затраты на проведение операции (табл. 1).

Расширенные морские испытания разработанного способа и устройства для его реализации проводились в 2004 и 2005 гг. в Авачинском заливе п-ова Камчатка при волнении моря от 1 до 4 баллов и температуре воды от 5 до 18 °С. При том были получены следующие результаты:

- дальность действия гидроакустического канала управления находилась в пределах от 15 до 20 км;
- точность определения расстояния по акустическому дальномеру между поисковым судном и находящимся на поверхности моря всплывающем модулем проводниковой системы «ГАРД» находилось в пределах от 10 до 30 м (1–2 длины корпуса маломерного судна) на дистанции 10–15 км;
- среднее время обнаружения всплыва-

Результаты оценки эффективности технологии «ГАРД» по сравнению с известными способами поиска и подъема

Показатель	С помощью водолаза (худшая ситуация, развивающиеся страны)	С помощью необитаемого подводного аппарата (типовая ситуация, Республика Корея)	С помощью гидролокатора бокового обзора специального судна (лучшая ситуация, США)	«ГАРД»
Дальность поиска затонувшего объекта, км	0,01	1	5	30
Производительность поиска объекта, км ² / 1 мин.	0,2	$\frac{2}{(4\pi R^2/6 = 12,56 \times 1/6)}$	$\frac{52}{(4\pi R^2/6 = 12,56 \times 5^2/6)}$	$\frac{11304}{(4\pi R^2 = 12,56 \times 30^2)}$
Средние затраты на поиск объекта, тыс. долл.	10 (1 комплект) + 0,2 / час	150 (1 комплект) + 2/ час	300 (1 комплект) + 5/час	8 (1 комплект аппаратуры)
Время обследования площади 11 304 км ² , мин.	56520 (11304:0,2)	5652 (11304:2)	217 (11304:52)	1
Затраты на обследования площади 11 304 км ² , тыс. долл./км ²	198 (10 + 188)	338 (150 + 188)	318 (300 + 18)	0,7 (8 : 11304 км ²)
Время идентификации обнаруженного объекта, мин.	30	20	120 (водолаз)	Не требуется
Время подготовки к подъему (подача и крепление троса), мин.	240	240 (водолаз)	240 (водолаз)	Не требуется
Общее время работ на площади 11304 км ² , мин. (сут.)	56790 (~40 сут.)	5912 (~4 сут.)	577 (~0,5 сут.)	1 (0 сут.)

Примечание:

1. Дальность действия поискового средства: водолаза – 10 м, гидролокатора бокового обзора необитаемого подводного аппарата – 1 км, гидролокатора бокового обзора судна – 5 км.
2. Производительность поиска определяется произведением дальности действия (с учетом сектора наблюдения), скорости движения носителя и времени поиска (в нашем случае время поиска для всех средств выбрано 1 мин.).
3. Средние затраты на поиск объекта включают: стоимость одного комплекта оборудования и содержание носителя оборудования в районе поиска в течение всего времени поиска.
4. Общее время работ включает в себя этапы поиска, идентификации обнаруженного объекта и подготовки его к подъему (крепление к затонувшему объекту буксирного троса), т.е. без этапа подъема затонувшего судна на поверхность моря (или буксировки на мелководье).

ющего модуля проводниковой системы «ГАРД» при помощи судовой радиолокационной станции, радиопеленгатора и акустического дальномера на дистанции 10 км не превышало 1 мин. и т.д.

В заключение хотелось бы отметить два момента:

– по статистике морских катастроф, связанных не с пожаром, а с затоплением судна, 30 % людей не успевают по различным причинам воспользоваться индивидуальными и коллективными средствами спасения;

– в настоящее время на дне моря лежит огромное количество затонувших маломерных судов (в том числе с запасом топлива), отравляющих морскую акваторию солями тяжелых металлов, органическими соединениями и т.д.

В связи с этим предлагаемая технология оперативного поиска и подъема на поверхность моря затонувших маломерных судов прибрежного мореплавания и рыболовства, а также выброшенных штормом в море из мест базирования благодаря максимальному соответствию критерию «эффективность–стоимость» представляет большую практическую ценность. Однако важнее, чем экологическая и экономическая составляющие, такое ее достоинство, как возможность спасения жизни людей [3]. К сожалению, за прошедшее десятилетие не удалось внедрить данную технологию ни на одном из маломерных российских судов прибрежного мореплавания (находящихся под контролем юрисдикцией МЧС России) или рыболовства. Хотя проводниковые системы «ГАРД» в соответствующих конфигурациях с

1996 г. успешно применяются на рыболовных судах [2, 4–6] для аварийного поиска и подъема на поверхность моря утерянных орудий лова (порядки крабовых ловушек, яруса и донные сети), а с 2010 г. – в оффшорных технологиях (аварийный поиск и подъем на поверхность моря якорных линий буровых платформ и морских кранов, при ремонте технологических площадок морских нефтегазовых платформ и т.д.).

Следует заметить, что методология поиска и подъема на поверхность моря автоматических регистраторов судов (а также самолетов и вертолетов) аналогична описанной выше. Однако здесь возможен ряд компромиссных решений. Например, используется один штатный (типовой вариант) автоматического регистратора и один – с проводниковой системой «ГАРД» соответствующей модернизации. При этом, учитывая однообразие применения автоматического регистратора, а также минимальность (несколько килограммов) нагрузки на замок, принцип построения и его конструкция, существенно упрощается. Учитывая возможность механического повреждения замка размыкателя во время катастрофы его целесообразно продублировать (или вообще заменить) пиропатроном.

Проводниковая система «ГАРД» в соответствующей конфигурации может также обеспечить поиск и подъем на поверхность моря людей вольно (водолазы-спасатели, дайверы и др.) или невольно (члены экипажа затонувшего судна и др.) оказавшихся под водой или в воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акустика океана / Под ред. Л.М. Бреховских. – М.: Наука, 1974, 692 с.
2. Бахарев С.А., Бондарь Л.Ф., Шор Ю.Л. Гидроакустическая система для обеспечения экологической безопасности промысла // Рыбное хозяйство. – 2000. – №5. – С. 76, 77.
3. Bakharev S.A., Osichansky P.N., Rzhantsyn S.B. Some Aspects of Safe Shipping in the Coastal Waters. – 28th Annual General Assembly, Russia, Vladivostok, 2002, p. 3–38.
4. Бахарев С.А. Обеспечение экологической безопасности деятельности человека на морском шельфе // Вестник РАЕН. – 2003. – Т. 3. – № 3. – С. 13–17.
5. Bakharev S.A. About the ecosystem approach to the problem of continental shelf bioresources management. – XII The International Congress on problems of management of bioresources. – Republic Korea, Seoul, 2003, vol. X, p. 11–16.
6. Бахарев С.А. К вопросу обеспечения экологической безопасности прибрежного мореплавания и рыболовства // Вестник ун-та «Дубна». – 2004. – №1. – С. 21–26.
7. Бахарев С.А., Завалко Е.В., Розожников А.В. Использование дистанционных размыкателей для обслуживания морских платформ // Морская радиоэлектроника. – 2009. – № 3–4 (29–30). – С. 56–58.
8. Бахарев С.А. Способ поиска и подъема на поверхность моря затонувшего морского объекта. – Патент РФ № 2221256, 2001. // БИ. – 2004 (10.01). – № 1.
9. Он же. Способ поиска и подъема на поверхность моря затонувшего объекта, а также спасения людей, оказавшихся в нем. – Патент РФ № 2299446, 2005. // БИ. – 2007 (20.05). – № 14.
10. Ведерников Ю.В. и др. Некоторые случаи кораблекрушений в территориальных водах России на Тихом океане за 350-летний период (1638–1998 гг.). – Специальное приложение к журналу ВММО, 2001, 37 с.
11. Коробов А.А. и др. Подводная технология. – Л.: Судостроение, 1980, 232 с.
12. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978, – 347 с. ■

В последние годы получили интенсивное развитие геоинформационные системы (ГИС) различного назначения. В связи с этим открываются новые возможности их применения и внедрения в процессы управления силами и применения корабельного вооружения в целях повышения качества и оперативности информационного обеспечения управленческой деятельности должностных лиц.

Однако в настоящее время практическая реализация обеспечения геопространственной информацией (ГИ) ориентирована прежде всего на процессы хранения, обработки и представления картографической информации. Характерным примером являются ГИС «Интеграция» и семейство других электронных навигационных картографических систем. Вместе с тем необходимо отметить, что методология разработки ГИС изначально не предназначалась для решения задач, свойственных корабельным информационно-управляющим системам (КИУС). ГИС-технологии разрабатывались без учета специфических требований обеспечения ГИ управленческой деятельности должностных лиц корабля (группы кораблей) и без учета обработки больших объемов разнообразной ГИ. Основное предназначение ГИС – визуализация электронных копий типографских карт. Все это существенно снижает потенциал использования известных ГИС-технологий, и, соответственно, такой путь не способствует полноценной поддержке решения конкретных задач флота.

Корабельная ГИС должна обеспечивать функционирование разнообразных прикладных задач, решаемых операторами КИУС в масштабе реального времени. Таким образом, к корабельным ГИС можно предъявить ряд требований [1]:

1) доступность к геоинформационным ресурсам из любой географической точки в любой момент времени;

2) способность поддерживать большой объем информации и многочисленные запросы к различным наборам данных;

3) способность включать в систему обработки новые виды информации;

4) невысокие затраты времени и вычислительных ресурсов на обработку запроса;

5) адекватность структуры графических объектов при визуализации на экране монитора и пространственно-временной структуры естественных геопространственных полей;

6) согласованность по точности и детализации в масштабе, соответствующем уровню управления;

7) оперативность (масштаб реального времени) формирования наборов данных с необходимой и достаточной

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ КОРАБЕЛЬНОГО ВООРУЖЕНИЯ

В. А. Цуварев, канд. техн. наук, вед. инженер-конструктор,
Ю. Г. Тварин, канд. воен. наук, вед. специалист, ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3132

информацией для принятия решения на заданную пространственную область.

Информационные массивы данных, предлагаемые в настоящее время к включению в ГИС, обладают следующими основными свойствами [1]:

- распределенность местоположения накопления и получения первичной информации;

- объемность как по количеству, так и по вычислительным затратам на обработку;

- многомерность по пространственно-временной привязке и по набору атрибутов;

- разнородность – большое число разнообразных параметров и характеристик географических и прочих полей, методов их измерений, понятийной и информационной структуры их описания и методов анализа;

- динамичность как пространственно-временная изменчивость;

- неструктурированность – отсутствие фиксированной логической структуры, как с точки зрения самой информации, так и с точки зрения пользователя;

- неопределенность структуры и вида информации, которая возможно будет поступать в будущем.

Определив основные свойства информационного набора данных, укажем и основные особенности функционирования вычислительных (ВС) и инфтелекоммуникационных систем (ИТКС), которые и будут определять эффективность обеспечения геопространственной информацией:

- конечная вычислительная мощность (по объему оперативной памяти и быстродействию);

- конечная пропускная способность сетевого трафика;

- линейно-последовательный тип хранения информации на носителях.

Отмеченные особенности работы современных ВС/ИТКС с учетом отмеченных свойств ожидаемой информации не позволяют реализовать указанные ранее требования в практически любом проекте системы обеспечения ГИ на основе существующих программных

средств (ГИС-технологий).

Для создания эффективной системы обеспечения ГИ необходима разработка специальной программно-информационной технологии, учитывающей указанные выше требования к системе и свойства информации. Такая технология логически представляется компьютерной системой управления данными как совокупностью основных функциональных блоков, позволяющих вводить, хранить, обрабатывать, искать и формировать выходную информацию. Конкретные требования и реализация этих блоков определяются свойствами информации, требованиями со стороны потребителя к информационной системе и ограничениями, связанными с физическими свойствами обработки информации. В качестве примера формирования требований к системе информационного обеспечения можно привести предложенные [1] по разработке следующих программно-технологических систем:

- ввода нетипизированной информации;

- хранения больших объемов пространственно-временных данных на внешних носителях с обеспечением прямого доступа к ним;

- пространственного поиска и выбора пространственно-временной информации с внешнего носителя;

- динамической визуализации пространственно-временной информации (в том числе в картографическом виде);

- эффективных алгоритмов массовой обработки информации (в том числе алгоритмов вычислительной и дискретной геометрии);

- удаленных запросов для физического и программного пользователя;

- формирования ответов на удаленные запросы для физических и программных пользователей;

- генерализации (обобщения) информационных наборов.

Перечисленные выше задачи для систем обеспечения ГИ не могут быть решены с помощью технологии, основанной на использовании принятых на вооружение ГИС. Основные причи-

ны этого отметим на примерах отсутствия поддержки требуемых нами процедур обработки ГИ в существующих ГИС-технологиях следующим образом:

- автоматическая генерализация полностью отсутствует;
- визуализация не обеспечивает адекватность структуры графических объектов и пространственно-временной структуры естественных геопространственных полей;
- невозможен ввод нетипизированной и новой информации, не предусмотренной на этапе проектирования, т. е. не поддерживается процедура ввода информации;
- процедура выбора отсутствует;
- отсутствие учета объемов и многомерности геопространственной информации – не поддерживает процедуры: поиска, хранения, обработки, формирования набора информации для передачи по каналам ИТКС.

Широко известен пример ошибочной технологии представления цифровой модели рельефа (ЦМР) местности по оцифрованным изогипсам топографической карты, реализованной в ГИС: полученный таким методом обработки профиль рельефа вдоль русла реки дает вычисленные высоты, совокупность которых на участке имеет немонотонный характер, т. е. не исключает случаев алогичности направления течения.

Следует указать отдельно на проблему предвычисления приливов, решения которой только появляются для береговых пунктов наблюдения [1]. Также следует указать и на проблему обработки и предъявления текущей и прогнозной гидрометеорологической информации для обеспечения боевых действий в районе, в том числе с учетом распределения основных метеоэлементов по высоте [2].

Таким образом, в настоящее время существует проблема создания автоматизированной технологии обеспечения ГИ (технологий решения специальных задач с использованием ГИ). Для ее решения необходимы:

- единая база с информацией наибольшего масштаба для всего земного шара с учетом всех картографических законов [3];
- автоматизация редактирования больших объемов геопространственной информации (в ГИС редактирование в интерактивном режиме);
- механизм согласования топографической и навигационной информации (в ГИС нет механизма устранения трудностей их совмещения);
- механизм оперативного согласования масштабов различных информационных слоев (в ГИС нет механизма);
- объем передаваемой информации не должен зависеть от площади запра-

шиваемой области (в ГИС передаваемый объем информации пропорционален полистной площади запрашиваемой области);

- механизм оперативного создания единого набора данных на основе пространственно распределенных баз ГИ (в ГИС нет механизма);
- механизмы оперативного выбора данных по прямоугольной области из базы ГИ (в ГИС нет механизма). Кроме того, изображение поверхности рельефа должно соответствовать законам восприятия человека трехмерного пространства (в ГИС 3D-изображения рельефа не соответствуют законам восприятия человеком трехмерного пространства).

Первоочередными задачами устранения проблемы следует актуализировать разработку алгоритмов:

- автоматической генерализации линейных и точечных геопространственных объектов;
- эффективного хранения ГИ с учетом ее многомерности и линейного способа физической записи информации на внешнем устройстве;
- предвычисления приливных колебаний на открытых акваториях морей по береговым и альтиметрическим данным;
- решения прикладных задач на динамических структурах данных (работы с рельефом и объектами местности, а также предъявления текущей и прогнозной гидрометеорологической информации с распределением метеоэлементов по высоте).

Изложенное свидетельствует о том, что система обеспечения ГИ требует разработки специфических технологий сбора, обработки, хранения и доставки, основанных на современных математических методах, учитывающих технические характеристики ВС/ИТКС и ориентированных на обеспечение решения конкретных прикладных задач операторов КИУС.

В настоящее время проводятся мероприятия по созданию автоматизированных технологий обеспечения ГИ. Однако каждый раз при появлении очередной (инициативной или истребованной заказчиком) разработки в виде программного изделия (как правило, с авторским правом на часть контента) у потенциального или непосредственного потребителя продолжают накапливаться вопросы не по его освоению, а по его интеграции в КИУС и полноценности решения основных задач по предназначению, в частности, использование топографической информации для управления корабельными силами и их вооружением, учет специальных требований к представлению высотной топографической

информации при принятии решений должностными лицами корабля (группы кораблей) в отношении берегового противника.

Для информационного обеспечения решения задач борьбы с береговым противником предназначены специальные программные комплексы (ПК) операторов информационно-управляющих систем кораблей (групп кораблей), решающие задачи обеспечения артиллерийской поддержки передовых отрядов десанта, наступления сухопутных войск, отражения контратак противника, уничтожения и разрушения береговых объектов. При решении сопутствующих прикладных расчетных задач используется топографическая информация, представленная в электронном виде.

Специфика использования топографической информации в автоматизированных электронных системах отличается от традиционного экспертного использования информации, представленной в виде топографических карт. Дело в том, что топографическая карта включена в процесс принятия решения в качестве «инструмента», она как графический образ местности непосредственно используется для определения высоты береговой цели, графических построений и вычислений, связанных с баллистикой стрельбы: досягаемостью, выявлением зон видимости и тени. При применении ПК все геометрические построения и вычисления выполняются по алгоритмам, которые не могут использовать графический образ местности: для них топографическая информация должна быть представлена в числовом виде в специальных форматах. Картографическая визуализация топографической числовой информации на экране дисплея носит вспомогательный характер и играет роль удобного пользовательского интерфейса.

Указанная выше роль картографической визуализации свидетельствует о том, что содержание числовой топографической информации должно удовлетворять в первую очередь требованиям вычислительных алгоритмов, а не традиционного представления топографических карт.

Важной особенностью таких ПК является возможность хранения и обработки большого объема ГИ, поэтому их применение позволит вести согласованную обработку информации на любом уровне принятия решения на этапах подготовки и обеспечения действий кораблей (групп кораблей). Для этого необходимо создать массив топографической числовой информации. Причем это должен быть единый массив, без принятого разбиения, соответствующего топокартам. В этом случае на любом уровне принятия решения

информационная геопространственная основа будет одной и той же, что позволит получать согласованное решение требуемой задачи.

Для обеспечения привязки к ГИ навигационных карт координаты точек топографической информации должны быть представлены в географических координатах. Все это позволит осуществлять при необходимости визуализацию топографической информации в картографическом виде в любой картографической проекции, что важно для организации взаимодействия с войсками на берегу.

Исходный масштаб топографической информации должен быть не менее 1:25 000, так как для этого масштаба изогипсы проводятся с интервалом в 5 м, соответствующим масштабу погрешностей в оценке баллистических параметров артиллерийского огня.

Если высотная картографическая информация представлена изогипсами, то для обеспечения алгоритмов определения высот береговых целей требуется, чтобы все изогипсы были замкнуты, т. е. должны быть исключены разрывы, присутствующие на традиционных топографических картах. Особую роль имеет информация о высотах локальных экстремумов и седловых точек. Для правильной работы алгоритмов интерполяции (используемых для построения профилей рельефа) необходимо, чтобы числовая топографическая информация включала координаты и высоты всех локальных экстремумов и седловых точек. Заметим, что на традиционных топографических картах указаны только особо значимые высоты, а высоты седловых точек вообще не отмечены.

В информационный набор топографической информации должны быть включены и ареалы растительности с атрибутами высот таких преград, влияющих на параметры зон наблюдения и досягаемости артиллерийской стрельбы. В перспективе весьма полезным будет наличие информации о характеристиках зданий и инженерных сооружений, представляющих урбанизированную 3D-картину прибрежных районов.

Для определения разности высот между целью и кораблем, производящим артиллерийскую стрельбу, требуется учет высоты уровня моря на момент ведения огня. Для решения этой задачи необходима информация о геодезической высоте береговой линии по топографическим данным. Кроме того, для приливных морей следует иметь значение теоретически наивысшего приливного уровня, набор гармонических постоянных наблюдений за уровнем моря, по которому оно рассчитывалось, календарная дата и координаты наблюдений за уровнем моря.

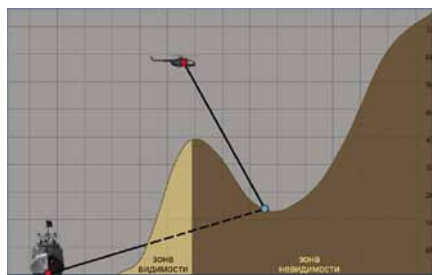


Рис. 1. Пример решения задачи видимости

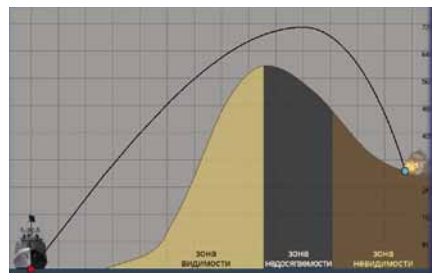
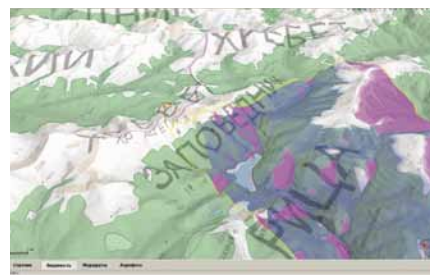


Рис. 2. Пример решения задачи досягаемости

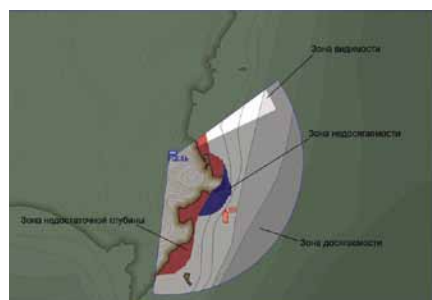
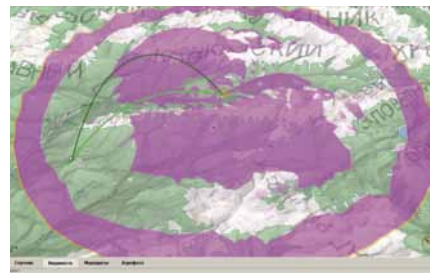
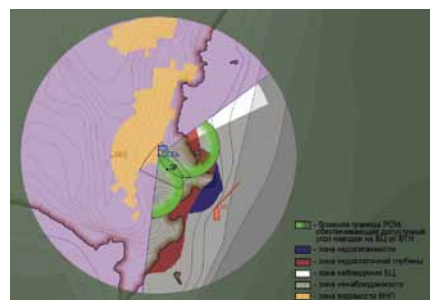


Рис. 3. Пример решения специальных задач



Таким образом, специфика функционирования специализированных ПК требует топографической информации, существенно отличной от представляемой на топографической карте. Это, в свою очередь, требует создания специфической технологии формирования числовых массивов топографической информации.

Попыткой реализации специальных требований представляются частные проработки – алгоритмы решения специальных задач планирования и управления применением вооружения при действиях кораблей (групп кораблей) против берегового противника.

На рис. 1–3 показаны результаты решения специальных задач, реализуемых с использованием ГИ: построение границ зоны видимости объекта для определения района позиций для пункта наблюдения на воде и на суше (обратных задач – зон видимости в выбранном секторе); построение границ района для выбора огневой позиции, определяемых местом цели, выбранным сектором, досягаемостью с учетом влияния рельефа местности и высоты воды, ограничениями по допустимой глубине (обратных задач – построение зон досягаемости и мертвых зон в выбранном районе на берегу); выбор допустимой вспомогательной точки наводки

для стрельбы по невидимой цели и учет ее влияния на выбор огневой позиции; выбор репера для пристрелки с участием пункта наблюдения в пределах зоны переноса огня на ненаблюдаемую цель.

Данные результаты могут быть использованы с целью обоснования требований к точности определения вертикальных координат для плавания и стрельбы, для поиска и сравнения методов обработки картографической и топографической ГИ, согласования морских и топографических карт, формирования ЦМР при построении зон видимости и баллистической досягаемости, алгоритмов учета рельефа, приливов и гидрометеорологической информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков Ю. Н. Технологии обеспечения задач ВМФ геопространственной информацией. Авторский сб. ст. – СПб., ГНИНГИ МО РФ, 2007.
2. Цуварев В. А. Развитие теоретических основ и технологий обоснования способов боевого применения корабельной артиллерии в ходе боевых действий // Тр. XIII ВНИПК «Актуальные проблемы защиты и безопасности», т. 4: «Военно-морской флот». – СПб.: РАРАН НПО СМ, 2010.
3. ГОСТ 28441–99 Картография цифровая. Термины и определения. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999., – 13 с. ■

АО «Концерн «НПО «Аврора» давно и успешно работает на рынке тренажеров, поставляя отечественным и зарубежным заказчикам самые современные технические средства обучения. За последние годы заказчикам было поставлено 18 тренажеров, в том числе 5 на экспорт.

Предприятие непрерывно совершенствует функциональные возможности тренажеров, как их технические, так и педагогические характеристики.

Одним из основных аспектов подготовки операторов на тренажерной технике является контроль уровня их обученности. Для этого применяются два метода оценки [1]:

- по нормативным показателям;
- по результатам сравнения алгоритма работы контролируемого оператора с алгоритмом работы заведомо подготовленного оператора на том же тренажере.

Первый метод требует наличия большого статистического материала, который может быть накоплен в течение ряда лет на одной и той же тренажерной технике.

Для нового поколения тренажеров этот метод неприемлем из-за отсутствия достаточной статистической выборки.

Второй метод предполагает, по сути, наличие эталонного алгоритма деятельности оператора, записанного на сервере руководителя обучения, который сравнивается с реальным алгоритмом обучающегося оператора.

Эталонный алгоритм можно брать из инструкций по управлению, которые являются юридическими документами и поэтому должны неукоснительно выполняться.

Отклонения оператора от инструкций и будут его ошибками, минимизация которых является целью обучения.

Автоматизированная оценка уровня обученности – обязательная характеристика современного тренажера. Причем имеется в виду не только средняя оценка за цикл обучения, но и оценка на любом этапе учебного процесса. Необходимо привязка ошибки оператора к конкретной операции управления.

Метод эталона для решения задачи автоматизированного контроля рассматривается в целом ряде работ [2,3]; предлагаемая статья посвящена практическому аспекту его использования.

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Последовательность операций управления, соответствующую эталонному алгоритму, обозначим так:

$$A = a_1 a_2 \dots a_{i_1} \dots a_m,$$

a – последовательность операций реального алгоритма:

$$B = b_1 b_2 \dots b_{j_1} \dots b_n.$$

В реальной структуре возможны различного рода ошибки, поэтому в общем виде $m \neq n$, где m и n – число операций в эталонной и реальной структурах соответственно.

Сравнение эталонной и реальной структур устанавливает взаимно однозначное соответствие (биекцию) двух множеств: $f: A \rightarrow B$.

Условие строгого следования операций друг за другом предполагает для функции соответствия f следующее положение: для любых пар операций $(a_{i_1}, a_{i_2}) \in A$ и $(b_{j_1}, b_{j_2}) \in B$, для которых $f(a_{i_1}) = b_{j_1}$; $f(a_{i_2}) = b_{j_2}$ при условии $i_1 < i_2$ следует $j_1 < j_2$. При отсутствии ошибок $A = B$ ($m = n$, $a_i = b_j$).

При наличии ошибок в реальной структуре B , множества операций A и B распадаются на части совпадающих и несовпадающих блоков операций: БС – блок совпадений, БН – блок несовпадений [4].

Деятельность оператора в процессе обучения на тренажере представляется в виде функциональной сети [2, 5], узлами которой будут БС, а дугами – БН.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОШИБОК ОПЕРАТОРА ПРИ ОТРАБОТКЕ НА ТРЕНАЖЁРЕ

В. В. Кобзев, *д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник,*
Ю. А. Кузнецов, *начальник отдела,*
И. В. Телюк, *инженер,*
Д. К. Шилов, *инженер, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,*
 контакт. тел. (812) 292 95 58

Корень сети – это первый БС в сравниваемых частях алгоритмов A и B . Если $a_1 \neq b_1$, то корневой узел фиктивный. Рассмотрим ряд практических примеров с различными видами ошибок оператора.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ

1. Пропуск операции.

Пусть часть эталонного алгоритма состоит из шести последовательно выполняемых операций: $A = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6$. В реальном алгоритме пропущена операция a_2 : $B = b_1 b_2 b_3 b_4 b_5$.

Длину эталонного алгоритма назовем кодом алгоритма. В данном случае он равен шести.

Код реального алгоритма равен пяти, т.е. имеем пропущенную операцию. Для наглядности эталонный и реальный алгоритм соотнесем со словом – МАШИНА:

$$A = \begin{cases} \text{МАШИНА}; \\ a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \end{cases} \quad B = \begin{cases} \text{МШИНА}; \\ b_1 b_2 b_3 b_4 b_5; \end{cases}$$

Далее последовательно проверяем совпадение или несовпадение операций, начиная с корневого узла. Корневой узел функциональной сети в данном случае – a_1/b_1 .

При строгом следовании операций друг за другом попарное сравнение будет иметь вид

$$a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = b_3; a_4 = b_4; a_5 = b_5; a_6 = b_6.$$

Операция a_2 должна соотноситься с операцией b_2 , а не b_5 . Пропущена операция a_2 .

2. Пропуск операции с учетом ее качества:

- пропущена первая операция a_1 (единственная): $a_1 = \emptyset; a_2 = b_1; a_3 = b_2; a_4 = b_3; a_5 = b_4; a_6 = b_5;$
- пропущена конечная операция a_6 (повторяющаяся): $a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = b_3; a_4 = b_4; a_5 = b_5; a_6 = b_2;$
- пропущена третья операция a_3 (единственная): $a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = \emptyset; a_4 = b_3; a_5 = b_4; a_6 = b_5;$
- пропущена четвертая операция a_4 (единственная): $a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = b_3; a_4 = \emptyset; a_5 = b_4; a_6 = b_5;$
- пропущена пятая операция a_5 (единственная): $a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = b_3; a_4 = b_4; a_5 = \emptyset; a_6 = b_5.$

– Знак \emptyset – знак пустого множества.

3. Перестановка и добавление операций.

- Перестановка соседних операций a_2 и a_3 :

$$A = \begin{cases} \text{МАШИНА}; \\ a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \end{cases} \quad B = \begin{cases} \text{МШАИНА}; \\ b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6; \end{cases}$$

Попарное сравнение операций будет иметь вид $a_1 = b_1; a_2 = b_3; a_3 = b_2; a_4 = b_4; a_5 = b_5; a_6 = b_6$.

- Перестановка отстоящих друг от друга операций a_2 и a_5 :

$$A = \begin{cases} \text{МАШИНА}; \\ a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \end{cases} \quad B = \begin{cases} \text{МНШАИА}; \\ b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6; \end{cases}$$

Попарное сравнение операций будет иметь вид
 $a_1 = b_1; a_2 = b_3; a_3 = b_3; a_4 = b_4; a_5 = b_2; a_6 = b_6$.

– Добавление операции a_5 в конец реального алгоритма:

$$A = \begin{cases} \text{М А Ш И Н А;} \\ a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \end{cases} \quad B = \begin{cases} \text{М А Ш И Н А Н;} \\ b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7; \end{cases}$$

Код эталонного алгоритма равен шести; код реального алгоритма равен семи. Добавлена одна операция.

Попарное сравнение операций будет иметь вид
 $a_1 = b_1; a_2 = b_2; a_3 = b_3; a_4 = b_4; a_5 = b_5 b_2; a_6 = b_6$.

Операция b_7 лишняя как операция с большим номером.

– В часть реального алгоритма добавлена операция, аналогичная a_2 и a_6 :

$$A = \begin{cases} \text{М А Ш И Н А;} \\ a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6; \end{cases} \quad B = \begin{cases} \text{М А А Ш И Н А;} \\ b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7; \end{cases}$$

Код эталонного алгоритма равен шести, код реального алгоритма равен семи. Добавлена одна операция.

Попарное сравнение операций будет иметь вид
 $a_1 = b_1; a_2 = b_2 b_3 b_7; a_3 = b_4; a_4 = b_5; a_5 = b_6; a_6 = b_7$.

В силу условия строгого следования операций и попарного сравнения операций с одинаковыми индексами из выражения $a_2 = b_2 b_3 b_7$ исключаются $b_3 b_7$. Операция a_3 (ш) должна совпадать с b_3 , но в реальном алгоритме она совпадает с b_4 , значит операция b_3 – лишняя. Операция b_7 в таком случае должна иметь индекс «6».

ВЕТВЯЩИЕСЯ СТРУКТУРЫ

Рассмотренными выше последовательными операциями деятельность оператора, безусловно, не ограничивается. Контроль действий и работоспособности технических средств, оценка ситуации и принятие управленческих решений представляют собой процессы, которые не сводятся к последовательно выполняемым операциям.

В теории функциональных сетей есть модели многоальтернативных операций, которые позволяют описывать ветвящиеся структуры. К ним относится [5] логическая операция сравнения (рис. 1, а), имеющая два исхода;

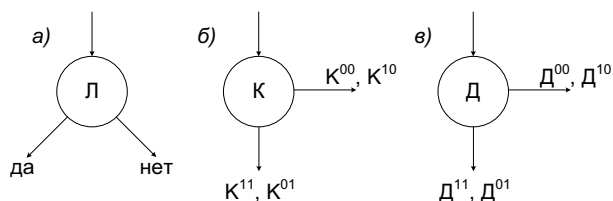


Рис. 1. Многоальтернативные операции

операция функционального контроля (рис. 1, б), имеющая следующие исходы:

K^{11} – безошибочное признание проверяемой рабочей операции безошибочной при фактически безошибочном ее выполнении; K^{10} – ошибочное признание проверяемой рабочей операции ошибочной при фактически безошибочном ее выполнении; K^{00} – безошибочное определение ошибки в проверяемой рабочей операции при фактически ошибочном ее выполнении; K^{01} – ошибочное признание проверяемой рабочей операции безошибочной при фактически ошибочном ее выполнении;

операция контроля работоспособности (рис. 1, в), имеющая следующие исходы:

D^{11} – безошибочное признание техники работоспособной при фактической ее работоспособности; D^{10} – ошибочное

признание техники неработоспособной при фактической ее работоспособности; D^{00} – безошибочное признание техники неработоспособной при фактической ее неработоспособности; D^{01} – ошибочное признание техники работоспособной при фактической ее неработоспособности.

Рассмотрим в качестве примера комплексную операцию «Работа – Контроль» (РК), состоящую из рабочей сенсорной или моторной операции и операции функционального контроля. Как видно из рис. 2, при исходах K^{00} и K^{10} рабочая операция повторяется. На повторение в реальных условиях накладываются ограничения.

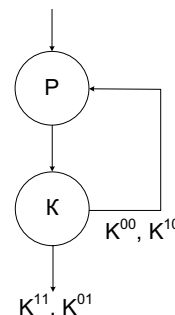


Рис. 2. Комплексная операция «РК»

Предположим, что в нашем случае повтор происходит один раз. Как будет видно из дальнейшего, это ограничение не принципиально.

Рабочая операция может быть выполнена без ошибки P' или с ошибкой P^0 . Эталонное выполнение операции будет иметь вид

$$A = a_1 a_2 = P' K^{11}.$$

Реальное выполнение операции может иметь несколько исходов:

– ошибка при выполнении рабочей операции (операция функционального контроля выполняется без ошибки):

$$V_1^0 = P^0 K^{00} \text{ – безошибочный переход на повтор;}$$

$$V_1^1 = P^0 K^{00} P' K^{11} \text{ – безошибочное выполнение операции после повтора;}$$

– ошибка при выполнении операции функционального контроля (рабочая операция выполнена без ошибки):

$$V_2^0 = P' K^{10} \text{ – ошибочный переход на повтор;}$$

$$V_2^1 = P' K^{10} P' K^{11} \text{ – безошибочное выполнение после повтора;}$$

– ошибки при выполнении рабочей операции и операции функционального контроля:

$$V_3^0 = P^0 K^{01} \text{ – ошибочный переход к следующей операции.}$$

Количество повторов будет определять длину выражений V_j в реальном алгоритме.

Попарное сравнение эталонного и реального выполнения комплексной операции «РК» будет иметь вид

$$A = a_1 a_2 = P' K^{11};$$

$$B_1 = b_1 b_2 b_3 b_4 = P^0 K^{00} P' K^{11};$$

$$a_1 = b_3; a_2 = b_4.$$

Код эталонного выполнения равен двум, реального – четырем. Отсутствие операций b_1 и b_2 свидетельствует о выполнении комплексной операции после повтора:

$$A = a_1 a_2 = P' K^{11};$$

$$B_2 = b_1 b_2 b_3 b_4 = P' K^{10} P' K^{11};$$

$$a_1 = b_1 b_3; a_2 = b_4.$$

Операция a_1 выполняется дважды, что свидетельствует об ошибке функционального контроля (K^{01}).

Исходы V_1 , V_2 и V_3 зависят от методики проведения занятий на тренажере. Обучающийся оператор может контролировать себя сам и ошибаться на этапе самоконтроля (K^{10}). На конечном результате выполнения комплексной операции это не скажется, лишь увеличится время работы за счет повтора.

Если оператора контролирует руководитель обучения, то после ошибочного выполнения рабочей операции он воз-

вращает обучающегося на повтор и не допускает ошибочного перехода к следующей операции (B_3).

Возможен контроль по выходному событию, т.е. по конечному результату. При этом невыявленная ошибка в процессе отработки алгоритма скажется на конечном результате.

Функциональная сеть пооперационного контроля и контроля по выходному событию представлена на рис. 3.

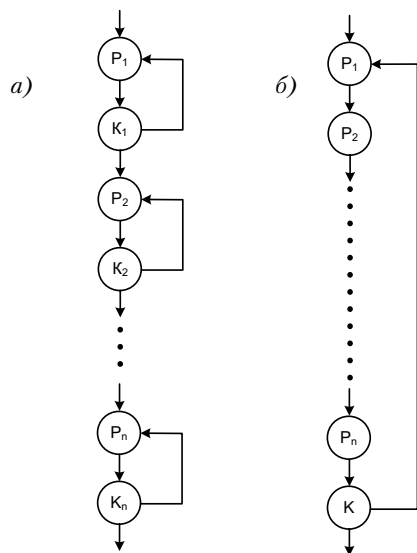


Рис. 3. Виды контроля: а – пооперационный контроль; б – контроль выходного события.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭТАЛОННОГО АЛГОРИТМА В ВИДЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ

В инструкции по управлению конкретным объектом перечислены фактически одни моторные операции с большей или меньшей степенью детализации. Аппаратурная реализация пульта управления позволяет оператору контролировать практически каждую операцию по вводу управляющих воздействий, что дает возможность обучающемуся или руководителю обучения контролировать ошибки. Деятельность оператора в процессе обучения, таким образом, будет отличаться от инструкции.

Возникает задача создания модели деятельности оператора в ходе обучения на основе алгоритмов инструкции по управлению. Такого рода модели могут быть созданы на основе теории функциональных сетей.

Рассмотрим построение модели деятельности оператора по алгоритму изменения мощности главной энергетической установки (ГЭУ), взяв за основу исходные данные, представленные в [6].

ГЭУ работает на мощности 40%, ход корабля передний (ПХ); линия вала работает с частотой 100 об/мин. Необходимо увеличить частоту вращения линии вала до 200 об/мин.

Эталонный алгоритм в таком случае состоит из следующих операций управления:

- 1) восприятие команды на изменение частоты вращения линии вала « n_p » до 200 об/мин.;
- 2) сравнение мощности реактора « N_p » с требуемой для « n_p » = 200 об/мин.;
- 3) включение кнопки «ЗАДАТЧИК N_p »;
- 4) набор цифры 80;
- 5) выбор команды «ИСПОЛНИТЬ»;
- 6) выбор кнопки «СОВМ»;
- 7) включение кнопки «ЗАДАТЧИК n_p »;
- 8) набор цифры 200;
- 9) выбор команды «ИСПОЛНИТЬ».

Включение кнопки «ЗАДАТЧИК N_p » контролируется засветкой зеленым светом (аналогично остальным кнопкам

и командам). Набор цифр засвечивается на табло мигающим зеленым светом. Оператор или руководитель обучения может проконтролировать каждую операцию алгоритма. Функциональная сеть для данного примера показана на рис. 4.

Как уже было отмечено, контроль будет определяться методикой проведения тренировки с учетом уровня подготовки оператора. Руководитель обучения может по своему усмотрению возвращать оператора на любой уровень алгоритма в пределах времени учебного занятия.

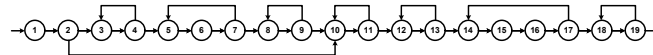


Рис. 4. ФС алгоритма увеличения « n_p »

1 – восприятие команды; 2 – логическая операция сравнения; 3 – включение кнопки «ЗАДАТЧИК N_p »; 4 – контроль засветки кнопки; 5 – набор цифры 80; 6 – набор команды «ИСПОЛНИТЬ»; 7 – контроль засветки табло; 8 – выбор кнопки «СОВМ»; 9 – контроль засветки кнопки; 10 – выбор кнопки «ЗАДАТЧИК n_p »; 11 – контроль засветки кнопки; 12 – выбор кнопки «ЗАДАТЧИК n_p »; 13 – контроль выбора кнопки; 14 – набор цифры 200; 15 – набор команды «ИСПОЛНИТЬ»; 16 – набор цифры 200; 17 – контроль засветки табло; 18 – выбор команды «ИСПОЛНИТЬ»; 19 – контроль засветки табло.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход к проблеме автоматизации контроля уровня обученности оператора при отработке на тренажере заключается в последовательном выполнении трех основных этапов, а именно:

- выбор инструкции по управлению конкретным объектом (конкретными объектами), с учетом назначения тренажера, которое определено техническим заданием;
- на основании эталонных алгоритмов инструкции по управлению разработка модели деятельности оператора в процессе обучения в виде функциональной сети;
- запись на сервере руководителя обучения математической модели деятельности оператора как эталонной.

Инструкция по управлению конкретным объектом анализируется и может быть откорректирована с учетом специфики тренажера, функциональные возможности которого могут отличаться от штатной системы управления.

Эталонная модель деятельности оператора должна соответствовать программе подготовки специалиста и рассматриваться как элемент педагогического проектирования тренажера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эргономика / Под ред. В.П. Зинченко. – М.: Сов. радио, 1974. – 352 с.
2. Шилов К.Ю., Кобзев В.В. Контроль работы оператора в автоматизированных системах обучения // Морской вестник. – 2011. – №2 (38). – С.75–77.
3. Кобзев В.В., Лямкин А.Д., Позняк В.К. Автоматизированный контроль работы оператора в комплексной обучающей системе // Науч.-техн. сб. ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – 2011. – Вып. 23. – С.109–116.
4. Ротштейн А.П., Кузнецов П.Д. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. – Киев: Техника, 1992. – 180 с.
5. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л. Наука, 1982. – 270 с.
6. Гончарова Т.А., Кобзев В.В., Нефедович А.В., Ситников Г.П. Эргономическое исследование применения сенсорных средств для управления АЭУ // Науч.-техн. сб. ОАО «Концерн «НПО «Аврора». 2012. – Вып. 24. – С.122–131. ■

В последние годы наблюдается рост проявлений терроризма и других противоправных действий с целью политического или экономического давления, получения выкупа, рэкета, незаконной смены владельца или целенаправленного уничтожения важных объектов. Сегодня стало очевидным, что подобные действия, сопровождаемые использованием современных технических средств в условиях внезапности нападения, могут создать чрезвычайную ситуацию с катастрофическими последствиями.

В Российской Федерации на законодательном уровне установлена необходимость защиты особо важных объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Закон РФ № 256-ФЗ от 21.07.11 «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса», вступивший в силу с 1 января 2012 г., требует от владельцев объектов ТЭК обеспечить безопасность на стадии строительства (ст. 7, п. 3). В ст. 2, п. 10 этого закона определено, что к охраняемым объектам ТЭК относятся и прилегающая территория, в том числе акватория. Постановлением Правительства РФ от 15 февраля 2011 г. № 73 «О некоторых мерах по совершенствованию подготовки проектной документации в части противодействия террористическим актам» говорится о необходимости решать вопросы противодействия угрозам уже на стадии проектирования.

Учитывая важность поставленных задач, ЗАО «Морские навигационные системы» (далее ЗАО «МНС») проводит научные исследования в области обеспечения безопасности объектов морской составляющей ТЭК, портовой и прибрежной инфраструктуры. На основе современных достижений науки, передового отечественного и зарубежного опыта специалистами ЗАО «МНС» был разработан *интегрированный комплекс технических систем безопасности* (ИКТСБ), обеспечивающий функционирование жизненно важных элементов объекта в едином информационном поле, возможность оперативного реагирования персоналом, подразделениями охраны и силовыми ведомствами в условиях чрезвычайной ситуации. Основное назначение ИКТСБ – обнаружение и претворение попыток совершения противоправных действий в отношении имущества, информации и физических лиц на объектах повышенной важности или нанесения умышленного экологического вреда окружающей среде. При разработке этого комплекса использован научно-технический задел в областях аэрокосмических и оптоволоконных систем наблюдения и связи, автоматизированных систем управления, действующих на принципе искусственного интеллекта, стационарных и подвижных

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОСОБО ВАЖНЫХ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

*И.А. Моряков, первый зам. генерального директора,
Д.Б. Силин, руководитель направления,
ЗАО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 38 40*

роботизированных систем. В результате выполненных исследований и разработок ЗАО «МНС» удалось решить задачу эффективной защиты практически любого объекта морской инфраструктуры, как надводного, так и подводного, и подготовить конкретные проекты ИКТСБ для Кириного и Штокмановского газоконденсатных месторождений.

Типовой ИКТСБ представляет собой специальный комплекс технических систем наблюдения, предупреждения, связи, автоматизированных систем управления и противодействия. Важно отметить обязательность централизованного управления.

Основные функции ИКТСБ заключаются в своевременном обнаружении попыток несанкционированного проникновения в охраняемую зону с использованием надводных судов, самоходных подводных аппаратов (автономных и телеуправляемых), боевых пловцов в различных типах снаряжения и средств доставки (буксировщики, мини-ПЛ). Также возможно использование плавающих мин, взрывных устройств, сильно действующих ядовитых и радиоактивных веществ.

При разработке ИКТСБ были реализованы следующие основные принципы:

– **комплексирование**: сочетание в ИКТСБ разных типов и видов систем обнаружения, идентификации и воздействия;

– **централизация управления**: управление техническими средствами охраны с интегрированного пульта ситуационного центра или резервного пульта управления и отображения, с обеспечением оперативного взаимодействия со специальными подразделениями и региональными частями силовых ведомств;

– **эшелонирование**: ИКТСБ строится по эшелонированному принципу, заключающемуся в создании нескольких рубежей охраны;

– **гибкость**: возможность дооснащения, наращивания системы, широкие модернизационные возможности;

– **многофункциональность**: в базовой комплектации ИКТСБ может решать следующие задачи:

- непрерывное наблюдение за воздушной, надводной и подводной обстановкой;

- анализ газового состава воздуха;
- классификация целей, выработка необходимых данных для принятия оператором решения на реагирование в чрезвычайной ситуации;
- выдача целеуказаний в сопрягаемые системы и подразделениям охраны;
- автоматизация контроля и управления доступом;
- управление объектовой сигнализацией;
- организация связи и передачи данных;
- комплексное представление информации оператору ИКТСБ;
- нелетальные воздействия на нарушителей.

Поскольку при обеспечении безопасности необходимо прежде всего быстро обнаружить источники угрозы и только потом их нейтрализовать, приоритетным назначением ИКТСБ является постоянное наблюдение и контроль с использованием специализированных технических средств освещения подводной (СОПО) и надводной обстановки (СОНО).

Для обнаружения, классификации и сопровождения нарушителя СОПО включает в себя следующие подсистемы: освещения подводной обстановки; сбора и обработки информации (интегрированный пульт управления – ИПУ); предупреждения и нейтрализации нарушителя.

СОПО с помощью гидроакустических станций проводит мониторинг акватории в районе расположения подводного оборудования. Гидроакустическая информация (количество целей, их траектория и скорость движения) отображается на мониторе подводной обстановки интегрированного пульта управления. При обнаружении подводного объекта происходит определение элементов его движения и классификация, а также оценка степени угроз (степень угрозы – это интегральное восприятие угрозы как некая сумма субъективно оцениваемой вероятности реализации угрозы и степени возможного ущерба). Оператор ЦПО, приняв решение, утверждает угрозу или отклоняет ее. В случае утверждения угрозы:

- объявляется тревога подразделениям охраны;

– передаются координаты для перехвата на катер (судно) подразделений охраны или группы быстрого реагирования (действующим силам ВМФ, ФПС, ФСБ);

– осуществляется комплекс мер в соответствии с планом охраны объекта.

При приближении носителя угрозы на расстоянии менее 500 м. к объекту охраны включается звукоподводный оповеститель с предупреждением о нахождении объекта в запретной зоне. Если нарушитель продолжает находиться в указанной зоне и проводить противоправные действия, оператор может принять решение применить средства нелетального воздействия. Их активация возможна только после отработки не менее трёх циклов режима оповещения и получения оператором окончательной уверенности в злонамеренности действий нарушителя.

Использование одной лишь системы СОПО не дает полного представления о возможных угрозах, которые несет обнаруженный объект (так, за нарушителя может быть принято крупное млекопитающее, например кит или дельфин). Имея же информацию от СОНО о том, что в охраняемой зоне в данный момент зарегистрировано неизвестное судно, которое стало на якорь или движется с минимальной скоростью, можно

прийти к выводу, что вероятность противоправных действий высока, а вероятность ложной тревоги минимальна. Для классификации надводных объектов в СОНО включены РЛС, аппаратура автоматической идентификации судов, аппаратура радиосвязи, а также возможность использования данных системы управления движением судов.

Концепцией предусматривается, что охрана акватории должна состоять из нескольких рубежей – сфер и зон. Под сферами понимается воздушное пространство, поверхность водной среды, подводная среда и дно, а под зонами – условные концентрические участки на различном расстоянии от объекта.

Акустические приемопередатчики располагаются на дне или же на якорно-буйковых растяжках (последнее возможно, если глубина моря составляет более 100 м).

Управление гидроакустическими станциями (ГАС) осуществляется по подводному кабелю посредством Ethernet.

В глубоководных акваториях с целью повышения дальности обнаружения угрозы и лучшей адаптации к гидрологическим условиям приемопередатчики ГАС секторного наблюдения устанавливаются на поворотные устройства, а ГАС кругового обзора в составе якорно-буй-

ковой растяжки имеют дистанционно-управляемую лебедку, обеспечивающую выбор оптимальной глубины расположения сонара.

Зональные сонары располагают с учетом перекрытия зон обнаружения. Количество сонаров, конфигурация размещения, режимы работы, резервирование определяются в ходе проектной проработки.

Следует отметить, что состав и характеристики ИКТСБ для каждого конкретного проекта определяют с учетом экономической или иной значимости охраняемого объекта, а также в зависимости от характера и концентрации сосредоточенных ценностей, последствий от возможных посягательств на них, а также сложности обеспечения охраны. При этом должны приниматься во внимание характеристики самого объекта, требования к его защите, особенности условий размещения. Все это при реализации проекта призвано повысить противодиверсионную устойчивость объекта. Например, следует предусмотреть возможность маскировки элементов охраны, размещенных в грунте, а также использование ложных объектов/муляжей, по форме напоминающих подводное оборудование (использование муляжей способствует более длительному поиску объекта, в отношении которого может быть выполнено несанкционированное действие, и дезинформирует диверсантов). Эффект могут дать и другие меры по созданию препятствий подводным диверсантам.

Эффективность ИКТСБ во многом зависит от выбора оборудования. Такой выбор рекомендуется проводить с учетом:

– необходимости использования выпускаемых серийно и имеющих положительный опыт эксплуатации ТСО (Технических средств обнаружения), позволяющих обнаруживать нарушителей с требуемыми показателями эффективности;

– результатов анализа по критерию «эффективность – стоимость».

Выбор на основе результатов сравнения вариантов по основным тактико-техническим данным. При этом важно обращать внимание на полноту реализуемых функций.

Надо отметить, что доработка импортного программного обеспечения для аппаратно-программной интеграции систем различных производителей, как правило, связана со значительными временными и финансовыми затратами и приводит к изменению условий штатной эксплуатации, определенных заводом-изготовителем. Поэтому при прочих равных условиях предпочтение следует отдавать отечественным образ-

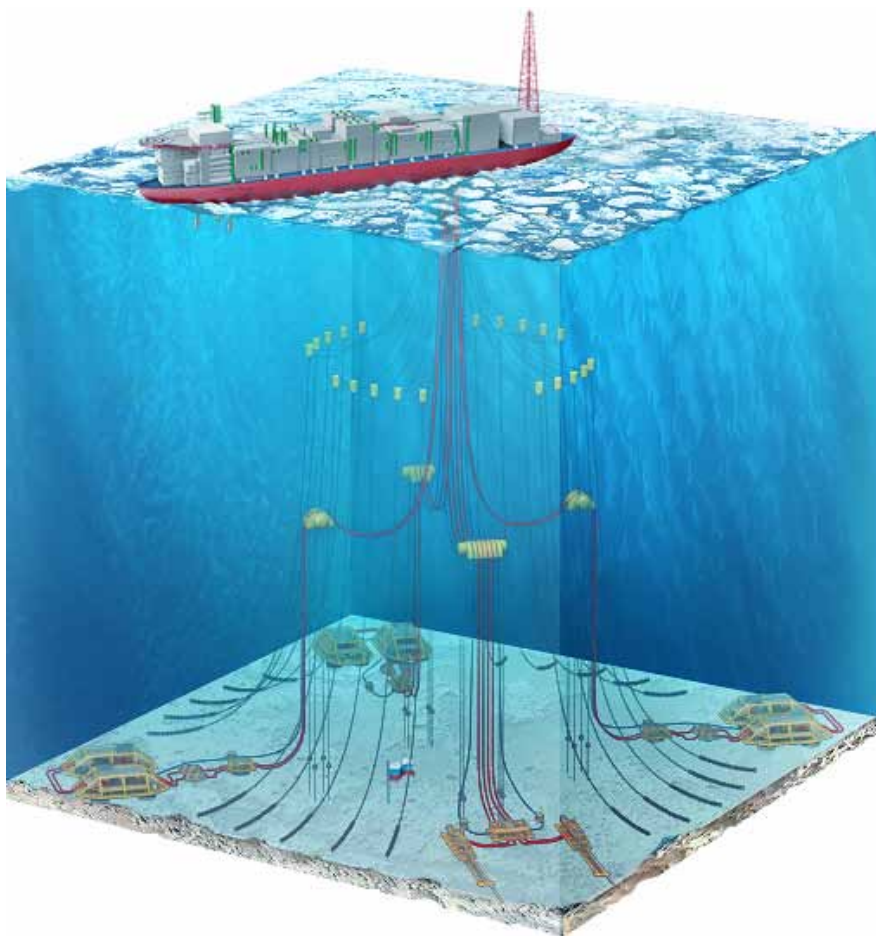


Рис. 1. К концепции обеспечения безопасности акватории объектов Штокмановского месторождения

цам либо зарубежным, но адаптированным к использованию в российских системах безопасности.

К сожалению, приходится констатировать отсутствие у российских производителей конкурентоспособных образцов, которые можно включить в указанные комплексы. Например, для обеспечения СОПО многолучевыми сонарами высокого разрешения ЗАО «МНС» использует оборудование компании «Reson».

Аналогичные решения приняты и по системам обнаружения огня и газа (используются приборы производства компании «Autronica Fire & Security»); теленаблюдения (ССТV компании «Hernis»); защиты трубопроводов забортной воды от обрастания и катодной защиты (компания «Cathelco»); радиолокационным станциям (компания «Kelvin Hughes») и другим техническим средствам.

В составе комплексной системы безопасности в обязательном порядке следует предусматривать системы: освещения надводной обстановки (СОНО); освещения подводной обстановки (СОПО); управления полетами авиационных средств, в том числе и беспилотных летательных аппаратов.

СОНО – определяющая в обнаружении надводных объектов, способных угрожать морским объектам. СОПО ведёт поиск, обнаружение, определение координат и элементов движения подводных объектов.

Сегодня очевидно, что современная система обеспечения безопасности особо важных морских объектов должна защищать не только от техногенных катастроф, но и от противоправных действий, в том числе актов терроризма, тем самым сохраняя жизнь и здоровье людей. Опыт ЗАО «МНС» доказывает возможность эффективно решать задачи безопасности особо важных морских объектов при тщательной проектной проработке и использовании надежного, хорошо зарекомендовавшего себя оборудования. Это подтверждает, например,

Концепция обеспечения безопасности акватории объектов Штокмановского газоконденсатного месторождения, создаваемого для предупреждения персонала охраны и дежурной смены о противоправных действиях злоумышленников в отношении объектов. (рис. 1.)

Защита потенциально опасных и особо важных объектов, часть периметра которых проходит по акватории, имеет свои сложности. Нарушители, пытающиеся приблизиться к объекту по суше или по поверхности воды, могут быть обнаружены системами видеонаблюдения и радиолокационными станциями (рис. 2.).

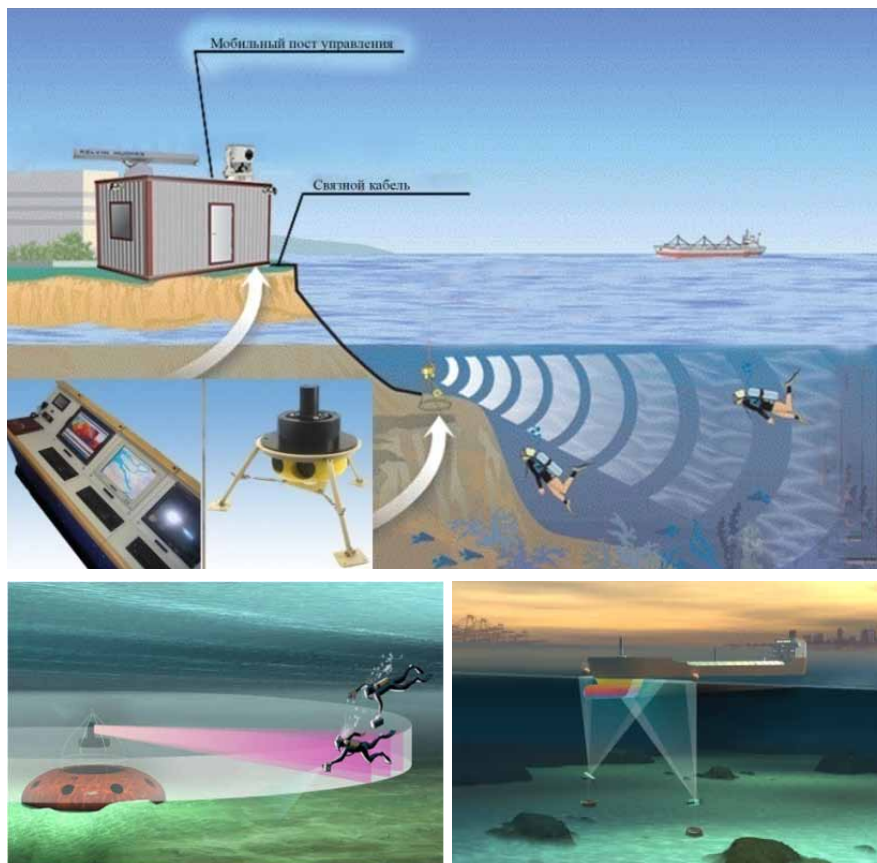


Рис. 2. Комплексная системы безопасности акватории



Рис. 3. Интегрированный пульт управления

Опасность может исходить также от нарушителей, которые приближаются к защищаемому объекту в толще воды. Вода отличается тем, что плохо пропускает электромагнитные волны любых диапазонов, но с помощью *активных гидроакустических средств* можно обнаружить малозумную и малоразмерную подводную цель на значительном расстоянии от охраняемого объекта.

ЗАО «МНС» создан интегрированный пульт управления, который выполнен с учётом требований эргономики: «ВСЕ ПОД РУКОЙ». Один оператор легко управляет всеми ИТСО (Инженерно-техническими средствами охраны) акватории и использует без усилий вспомогательные системы – средства связи, системы видеонаблюдения и т. д. (рис. 3.). ■

Несмотря на ухудшение финансовой обстановки в мире, повлиявшей и на экономику России, в нашей стране ускоренными темпами продолжается сооружение контрольно-корректирующих станций (ККС) на морском побережье и на внутренних водных путях. Довольно часто их называют дифференциальными станциями (DGPS – Differential GPS, DGPS Beacon). DGPS-станции призваны в первую очередь формировать и транслировать в эфир дифференциальные поправки к радионавигационным параметрам, измеряемым судовыми приемниками ГЛОНАСС/GPS. Другое предназначение контрольно-

корректирующих станций заключается в оперативном оповещении потребителей спутниковых радионавигационных систем (СРНС) Глонасс и Навстар GPS о сбоях в работе самой ККС и о состоянии навигационных спутников, находящихся в данный момент в зоне радиовидимости.

Функция оперативного самоконтроля возрастает по мере расширения пространства, обслуживаемого трансляцией дифференциальными поправками. ККС имеют сложную структуру, каждый элемент которой может выйти из строя. Если дифференциальная станция выйдет из строя и прекратит трансляцию поправки в эфир, то судовой приемник СРНС перейдет в автономный режим работы, что понизит точность определения места судна (ОМС), но не повлечет за собой навигационной аварии. Использование дифференциальных поправок практически не изменяет технологию традиционных приемов управления судном. Дифференциальные поправки эффективны для решения задач оценки маневренных характеристик судов; определения поправок лагов, курсоуказателей и РЛС; при швартовках крупнотоннажных судов; для обеспечения безопасной стоянки судов на якоре на открытых рейдах; для расстановки плавучих средств навигационного оборудования; для динамического позиционирования объектов, обладающих большой инерцией; при постановке и снятии оборудования марикультуры; для навигационной поддержки гидрографических промеров и дноуглубительных работ и т. д. Наиболее худший случай возникнет, если в эфир начнут поступать неверные величины поправок. Они могут достигать таких значений, при которых их использование станет опасным для судоходства в данном районе плавания. Тогда они наверняка станут причиной не только посадок на мель, но и столкновений, так как наблюдаемые координаты и путевой угол, определяемые судовыми GPS-приемниками, заводятся в аппаратуру автоматической идентификационной системы. Приведенные соображения также объясняют важность роли режима самоконтроля ККС.

Контрольные функции ККС распространяются также на оценку пригодности для ОМС самих спутников. Спутник может транслировать неверные эфемериды, у него может выйти из строя атомный эталон частоты, а система дублирования не подключает запасной эталон, может произойти снижение мощности передатчиков спутника, могут произойти сбои в работе наземного сегмента СРНС. Примером такого события служит событие, происшедшее 1 января 2004 г. Связано оно было с выходом из строя бортового атомного стандарта частоты спутника PRN 23 СРНС Навстар GPS. Это событие вскоре было названо «новогодним эффектом» («New Year's Effect») [1].

Согласно «Эксплуатационным стандартам режима SPS» (Standard Positioning Service) СРНС Навстар GPS, Центр управления системой должен подать предупреждение о неисправности – НМИ (Hazardously Misleading Information), если в результате обработки принятого сигнала от спутника радионавигационный

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА СБОИ ПРИЕМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПОПРАВК МОРСКИХ DGPS-СТАНЦИЙ

Ю. А. Комаровский, канд. техн. наук, вед. научн. сотрудник НИИ морского транспорта МТУ им. адм. Г.И. Невельского, контакт. тел. +7(423) 230 12 39

параметр превышает 30 м [2]. На этот раз предупреждение не поступило из-за непредвиденных затруднений в системе телеметрии, которые продолжались 1 января 2004 г. с 18 ч 33 мин. по 21 ч 18 мин. UTC. Вскоре об этом факте Береговая охрана США уведомила потребителей СРНС Навстар GPS официальным письмом [3]. В результате сбоя на огромной территории, охватывающей Европу, Африку, Азию, Австралию и северную часть Северной Америки, наблюдалась аномальная работа как навигационных приемников, так и приемников времени GPS.

На рис. 1–3 показано, как изменялись широта, долгота и абсолютная скорость неподвижного приемника GPS 128 компании «Garmin» во время действия «новогоднего эффекта». Наблюдения проводились автором во Владивостоке в Морском государственном университете им. Г. И. Невельского [1, 4].

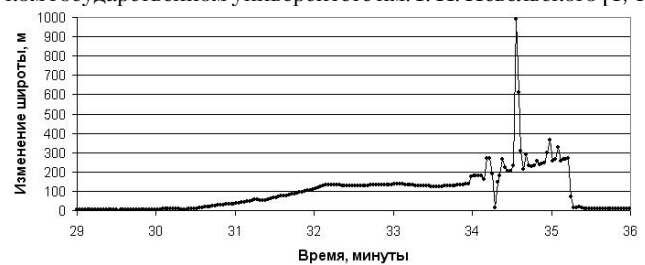


Рис. 1. График изменения широты к северу 1 янв. 2004 г. с 18 ч 29 мин. до 18 ч 36 мин. UTC

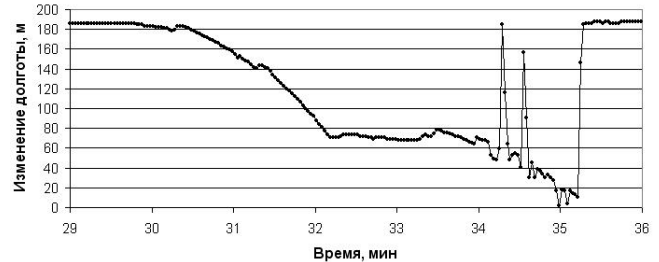


Рис. 2. График изменения долготы к западу 1 янв. 2004 г. с 18 ч 29 мин. до 18 ч 36 мин. UTC

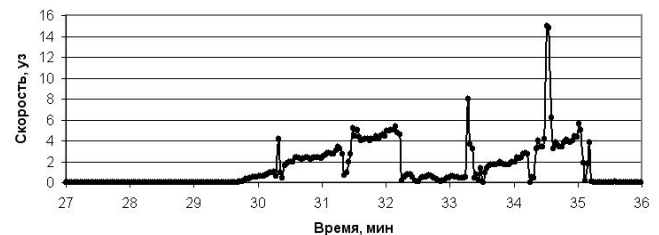


Рис. 3. График изменения скорости 1 янв. 2004 г. с 18 ч 27 мин. до 18 ч 36 мин. UTC

Как следует из рисунков, выход из строя бортового атомного стандарта частоты спутника PRN 23 привел к уходу широты к северу на 1000 м, долгота изменилась почти на 180 м к западу, а скорость возросла на 15 уз (7,71 м/с).

Понятно, что для судна, совершающего плавание вблизи навигационной опасности, описанное явление чревато аварией, если этот район не охвачен действием ККС. В подобных случаях морские DGPS-станции транслируют в эфир уведомление, приняв которые, судовые DGPS-приемники автоматически исключают из обработки сигналы такого спутника. Судовые приемники, способные одновременно принимать сигналы спутников нескольких СРНС, уже не нуждаются в данной функции ККС.

Необходимость сооружения береговых станций, транслирующих в эфир дифференциальные поправки, была вызвана вводом министерством обороны США искусственных погрешностей в сигналы спутников системы Навстар GPS. Такой режим работы системы GPS, предназначенный только для гражданских потребителей, получил название режима избирательной доступности. Вводом погрешностей точность определения места гражданских судов доводилась до ± 100 м. Благодаря принимаемым дифференциальным поправкам погрешность ОМС снижалась до ± 5 м на ограниченных акваториях, прилегающих к станции DGPS.

В самом начале мая 2000 г. действие режима избирательной доступности было прекращено. После этого события в качестве основного источника погрешностей, устраняемых DGPS-приемником, стали рассматривать процессы, происходящие в трансионосферном канале распространения сигналов спутников. Поэтому возник интерес к проблеме оценки эффективности использования подсистем DGPS на больших удалениях от них. Чтобы получить представление о том, как изменяется точность определения места судна по мере удаления от станции DGPS, автором данной статьи в 2010 г. были предприняты экспериментальные наблюдения за работой судового GPS-приемника Furuno GP-37 на территории Уссурийской астрофизической обсерватории (УАФО) ДВО РАН. В окрестностях УАФО отсутствовали промышленные радиопомехи. Приемник GP-37 с 10 июля по 18 июля непрерывно находился в режиме приема дифференциальных поправок станции DGPS мыса Поворотного. Расстояние от места наблюдений до передатчика станции составляло 72 мили (133,3 км). В ходе предварительной об-

работки данных обнаружилась промежуток времени, в течение которых дифференциальные поправки не принимались.

Морские дифференциальные подсистемы СРНС Навстар GPS, работающие в стандарте Международной ассоциации маячных служб (МАМС), транслируют дифференциальные поправки в диапазоне несущих частот от 283,5 до 325 кГц [5]. Этот диапазон в свое время был выделен для работы морских радиомаяков. Он относится к диапазону средних волн и имеет свои уникальные свойства распространения вдоль земной поверхности, что неизбежно влияет на бесперебойность приема дифференциальных поправок судовыми приемниками. В DGPS-станциях, работающих в стандарте МАМС, передача дифференциальных поправок по радиоканалу происходит с помощью технологии модуляции минимальным сдвигом MSK (Minimum Shift Keying). Точнее, она происходит с помощью двоичной (бинарной) фазовой манипуляции – BPSK (Binary Phase Shift Keying). Смысл ее заключается в кодировании 0 и 1 передаваемой информации переключением фазы несущей частоты. Двоичный «0» кодируется задержкой фазы на 90° относительно фазы несущей. Двоичная «1» передается опережением фазы на 90° . Частота переключения фазы определяет скорость передачи информации DGPS-станцией. В современных морских подсистемах используются три скорости трансляции данных: 50 бит/с, 100 бит/с и 200 бит/с. Более устойчивым к естественным помехам на побережье считаются скорости трансляции 100 бит/с и 200 бит/с.

Во время наблюдений в УАФО к выходу приемника GP-37 был подключен ноутбук, на жесткий диск которого в течение всего периода наблюдений непрерывно каждую секунду записывалась информация в виде пакета предложений в формате NMEA 0183. В ходе обработки полученных данных для дальнейшего анализа были выбраны только предложения \$GPGGA. В этих предложениях сразу после наименования полушария долготы стоит признак, по которому производится оценка состояния приема дифференциальных поправок. Если сразу за наименованием полушария долготы стоит цифра «2», то обсервационные координаты, стоящие в этом предложении перед ней, по-

Таблица 1

Распределение сбоев приема дифференциальных поправок в наблюдениях в УАФО с 10 июля по 18 июля 2010 г.

Час суток	Дата по часовому поясу Владивостока								
	10.07	11.07	12.07	13.07	14.07	15.07	16.07	17.07	18.07
1	–	334	290	293	47	168	2267	249	1022
2	–	155	413	362	295	137	2983	727	1509
3	–	203	302	467	477	220	2574	53	1381
4	–	282	798	297	170	214	1754	136	1858
5	–	74	364	352	167	172	640	101	3600
6	–	74	212	19	0	351	689	110	2925
7	–	160	120	25	0	328	195	39	1794
8	–	10	144	51	209	222	483	0	1128
9	–	160	45	48	0	18	184	30	1062
10	–	0	0	0	0	0	1	0	406
11	–	0	0	0	0	0	0	0	22
12	–	0	0	0	0	0	0	0	0
13	–	0	0	0	0	0	0	0	0
14	–	0	0	0	0	0	0	0	0
15	–	0	0	733	0	0	0	0	0
16	–	0	0	548	0	0	0	0	0
17	–	0	7	351	0	0	0	0	12
18	–	0	0	1772	0	0	0	0	0
19	356	2	0	355	33	0	0	0	0
20	0	0	614	441	0	0	0	0	–
21	0	0	24	301	0	0	0	0	–
22	0	0	0	36	0	147	2	16	–
23	90	79	135	269	31	129	198	149	–
24	185	220	193	142	97	271	100	780	–

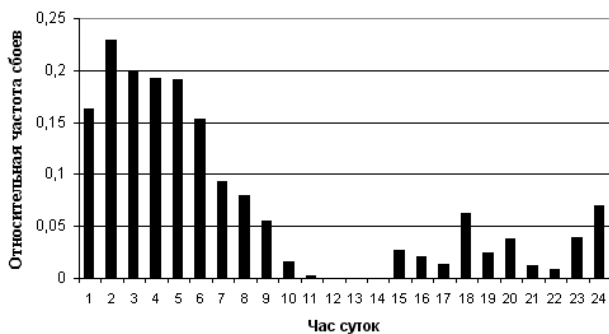


Рис. 4. Закономерности суточного хода сбоев

лучены с учетом принятых дифференциальных поправок. Если вместо «2» стоит «1», то дифференциальные поправки не приняты, а предшествующие ей обсервованные координаты рассчитаны приемником в автономном режиме. Присутствие «1» считалось сбоем. Всего было зарегистрировано 654221 предложений \$GPGGA с признаком «2» и 47796 предложений с признаком «1». Количество сбоев в каждом часе наблюдений представлено в табл. 1.

Как следует из табл. 1, сбои возникают в вечерние, ночные и утренние часы суток. Причем в ночное время прием поправок был наиболее неблагоприятен. Вблизи полудня дифференциальные поправки принимались без потерь. Успешность приема дифференциальных поправок сильно изменяется от суток к суткам. Лучше всего поправки принимались 14 июля. Хуже всего – 16 июля. 18 июля наблюдения продолжались всего до 19 часов. Если бы наблюдения были продолжены до 19 июля, то на полные сутки 18 июля пришлось бы еще большее число потерь, так как только за первую половину этих суток было зарегистрировано 16707 случаев отсутствия поправок. 18-го июля с 4.00 по 4.59.59 не было принято ни одной поправки. Очевидно, что причины, вызывающие неудачи приема поправок, носят нерегулярный характер.

Наблюдения 16 и 18 июля сопровождались признаками циклонической деятельности. 16 июля наблюдалась пасмурная погода с сильным ветром. Ночью 18 июля шел дождь с сильным ветром. В это время можно было видеть на экране индикатора приемника GP-37, работавшего в автоматическом режиме приема дифференциальных поправок, прекращение приема сигналов от DGPS мыса Поворотного и попытки настройки на частоты ближайших станций DGPS. В табл. 1 видно, что на эти дни приходились самые большие потери.

Наглядное представление о закономерностях суточного хода сбоев приема дифференциальных поправок можно получить по рис. 4. На нем представлена гистограмма обобщенных относительных частот потерь по каждому часу суток за весь период наблюдений.

Из табл. 1 и рис. 4 следует, что независимо от метеорологической обстановки с 11 ч до 14 ч поясного времени дифференциальные поправки принимаются без потерь. Сбои начинают возникать ближе к заходу Солнца, а после 21 часов их число стремительно возрастает до двух часов ночи. На период времени суток с 1 часу ночи до 5 часов происходит ежедневно в среднем до 20% сбоев приема дифференциальных поправок. Затем наблюдается медленный спад числа потерь. То есть, в темное время суток, когда требуется иметь наиболее точные и надежные обсервованные координаты судна, сбои максимальны.

Так как дифференциальные поправки транслируются в средневолновом диапазоне (СВ), то для объяснения обнаруженной устойчивой закономерности суточного хода обсуждаемых сбоев следует обратиться к особенностям В зависимости от сезона, времени суток и в зависимости от расстояния до передающей антенны в этом диапазоне прием сигнала имеет особенности, которые необходимо учитывать.

Принято рассматривать две трассы прохождения электромагнитных колебаний СВ диапазона (рис. 5). В точке

Т установлена антенна СВ передатчика. В точках R_1 , R_2 и R_3 располагаются антенны приемников. Ту часть энергии, которая принимается вблизи поверхности Земли, называют поверхностной волной. Отраженную от ионосферы электромагнитную энергию называют пространственной волной. Дальность распространения радиоволн СВ диапазона зависит от состояния нижних слоев ионосферы. К ним относятся слой D и слой E. Они отличаются концентрацией заряженных частиц и характером изменения концентрации в течение суток.

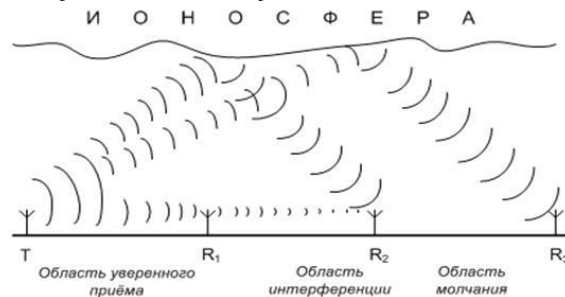


Рис. 5. Схема распространения дифференциальных поправок

Самый нижний слой D располагается на высотах от 50 км до 90 км над поверхностью Земли с максимумом концентрации от 10^2 до 10^3 на см^{-3} на средней высоте 70 км. Основной вклад в ионизацию плазмы слоя D вносят рентгеновское и ультрафиолетовое излучения Солнца, а также метеориты и заряженные частицы, увлекаемые магнитосферой. Максимум концентрации слоя D приходится на момент кульминации Солнца в данной долготе. Утром и вечером концентрация заряженных частиц ослабевает. В отличие от других слоев ионосферы слой D обладает свойством поглощения электромагнитной энергии СВ диапазона. Поэтому днем в этом диапазоне пространственной волны практически не бывает. Слой E располагается над слоем D на высотах от 90 км до 160 км.

На слой D и E в меньшей степени оказывают влияние изменения солнечной и магнитной активности. Однако во время сильных солнечных вспышек ионизация в слое D возрастает, что порой приводит к полной потере связи на освещенной части поверхности Земли в СВ диапазоне. В последние годы было установлено, что на высоту и consistency слоя D оказывают влияние циклонические процессы в тропосфере [6].

В дневное время, когда слой D поглощает радиоволны СВ диапазона, дифференциальные поправки, транслируемые передатчиком станции DGPS, без помех принимаются в точках R_1 и R_2 [7]. В ночное время в точке R_1 поправки будут также уверенно приниматься судовым приемником DGPS, так как на малых расстояниях приема пространственной волны не будет. В точке R_2 ночью, когда слой D исчезнет, а слой E станет как природное зеркало отражать электромагнитную энергию, будет происходить интерференция поверхностной и пространственной волн. Такое явление в бытность широкого распространения радиопеленгования было названо «ночным эффектом» [8]. Ночной эффект рассматривался как явление, отрицательно влияющее на точность радиопеленгования, так как сигналы пространственной и поверхностной волн поступали в антенну судового радиопеленгатора с разными фазами. Оно приводило к флуктуациям радиокурсового угла и к размытости минимума слышимости сигналов радиомаяка.

В случае приема дифференциальных поправок механизм отрицательного влияния ночного эффекта иной. В вечернее и в ночное время в точке R_2 в антенну судового приемника DGPS поступает ослабленный расстоянием сигнал поверхностной волны и отраженные от слоя E сигналы пространственной волны. Нижняя граница слоя E не будет идеально

**Средние квадратические погрешности (в метрах)
определения координат судовым приемником GP-37 в июле
2010 г. в УАФО**

Режим работы	Широта	Долгота
Дифференциальный	1,468	0,881
Автономный	1,574	0,944

ровной. Там обязательно присутствуют неоднородности концентрации заряженных частиц, разнесенные в горизонтальной плоскости и по вертикали. Поэтому отражение от слоя E будет рассеянным. В итоге в антенну судового приемника DGPS будут поступать по пространственной трассе несколько сигналов одинаковой частоты, но сдвинутыми во времени моментами переключения фаз. Напряженность электромагнитного поля сигналов пространственной волны в ночное время становится преобладающей над напряженностью поверхностной волны. Моменты переключения фаз поверхностной волны будут опережать соответствующие переключения в пространственной волне, так как последняя имеет трассу более протяженную. Переключение фаз несущей частоты передатчика станции DGPS происходит с темпом, задаваемым скоростью передачи информации. На этот темп настраивается демодулятор судового приемника DGPS. Прием сразу нескольких сигналов с несинхронизированными моментами переключениями фазы несущих не позволяет судовому приемнику DGPS декодировать принимаемые сигналы и выделить из них информацию о дифференциальных поправках. Так происходит сбой приема дифференциальных поправок. Это явление наблюдалось при проведении экспериментальных наблюдений в июле 2010 г. в УАФО.

Обработка полученного в УАФО статистического материала позволила сравнить точность определения координат при приеме дифференциальных поправок и без них. Результаты обработки сведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод о повышении точности обсервованных координат всего на 0,1 м при удалении от DGPS-станции на 72 мили. С учетом устойчивого ухудшения приема дифференциальных поправок в ночное и в вечернее время столь незначительное увеличение точности ставит под сомнение целесообразность поддержания дальности действия дифференциальных станций более 40 миль.

Подводя итог представленному исследованию, следует

отметить отрицательное воздействие не только ночного эффекта, но и циклонической активности на распространение дифференциальных поправок в средневолновом диапазоне. Поэтому наиболее эффективной выглядит технология, применяемая в региональных широкозонных дифференциальных подсистемах СРНС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Комаровский Ю. А.* Анализ воздействия «новогоднего эффекта» на работу навигационного приемника СРНС Навстар GPS // Вест. Морского государственного университета. – 2005. – Вып. 9. – Серия: Судовождение. – С. 26–30.
2. Global Positioning System Standard Positioning Service (SPS) Performance Standard. – USA Department of Defense, Washington, DC, October 2001. – 62 p.
3. <http://www.schrivier.af.mil/GPSSUPPORTCENER/archive/Frontpage/> [Электронный ресурс]
4. *Комаровский Ю. А.* Четыре проблемы использования Навстар GPS / Сб. докл. научн.-практич. конф. Безопасность судоходства в Дальневосточном бассейне. – 24–25 окт. 2007 г. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2007, с. 207–214.
5. IALA Recommendation R-121 on the Performance of DGNSS Services. Edition 1.1: International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, December 2004. – 37 p.
6. *Вашина-Дарт Л.Б.* Реакция нижней экваториальной ионосферы на сильные тропосферные возмущения / *Л.Б. Вашина-Дарт, И.В. Покровская, Е.А. Шарков* // Геомагнетизм и аэрномия. – 2008. – Т. 48. – № 2. – С. 255–260.
7. *Грудинская Г.П.* Распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.
8. *А.М. Байрашевский и др.* Радионавигационные приборы. – М.: Транспорт, 1966. – 448 с. ■

- Информационно-поисковая-система -

К  рабел.ру

Судостроение. Судоходство. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

С появлением первых боевых подводных лодок (ПЛ) возникали и первые аварийные ситуации, наиболее тяжелые из которых ведут к необходимости спасения экипажа. Так, например, 16 июня 1904 г. на р. Нева недалеко от стоянки Балтийского завода во время учебного погружения на глубине около 7 м затонула боевая подводная лодка России «Дельфин» из-за поступления воды в прочный корпус через несвоевременно закрытый рубочный люк. Из находившихся на борту 36 человек спаслось только 12 путем всплытия вместе с воздушным пузырем после открытия крышки входного люка.

Анализ статистических данных показывает, что за прошедшее столетие во всех флотах мира погибло около 41% общего числа построенных лодок, в том числе около 36% во время боевых действий и около 5% ПЛ в мирное время.

Основными причинами гибели ПЛ в мирное время в ближней морской зоне являются затопление прочного корпуса в результате столкновения или поступления воды через незакрытые личным составом штатные отверстия. Следует отметить, что более 80% случаев гибели ПЛ происходит при удалении от пунктов базирования до 150–200 миль в ближней морской зоне.

Наиболее распространенные причины гибели ПЛ в этой зоне – это затопление прочного корпуса в результате пожара или столкновения ПЛ с другим кораблем в надводном или в подводном положениях. Подобное столкновение очень опасно, особенно для ПЛ малого и среднего водоизмещения; каждая вторая ПЛ погибла в результате столкновения, последствием которого явилось значительное разрушение прочного и легкого корпусов. Около 60% аварий в мирное время происходили при нахождении ПЛ в надводном положении.

По мере развития техники шло снижение аварийности ПЛ. Если в начале XX в. из 100 ПЛ ежегодно гибло в среднем 1,5 ПЛ, то в конце XX в. – 0,1.

Анализ опыта проведения спасательных операций отечественных ПЛ показывает, что спасение подводников из аварийной ПЛ, лежащей на грунте, обеспечивается в первую очередь за счет привлечения сил поисково-спасательного обеспечения (ПСО) для оказания помощи личному составу: более чем в 50% случаев он самостоятельно выходил в спасательном снаряжении, около 40% – при подъеме ПЛ, около 10% приходится на остальные способы спасения.

Многолетний опыт ликвидации аварий ПЛ и спасения личного состава свидетельствует о том, что спасение экипажей аварийных ПЛ – наиболее

ПОДВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СПАСЕНИИ ЭКИПАЖЕЙ АВАРИЙНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

В.Н. Илюхин, д-р техн. наук, проф., председатель НО «АРПСТТ», контакт. тел. (812) 422 53 93, 927 85 01

сложная задача из-за специфических условий использования и конструктивных особенностей ПЛ, а также необходимости выполнения комплекса конструктивных, организационно-технических и квалификационных мероприятий при создании и эксплуатации ПЛ, а также сил и средств ПСО. Спасения экипа-

жей аварийных ПЛ требует проведения водолазных, судоподъемных и аварийно-спасательных работ в сложнейших условиях. Способность подразделений ВМФ решать эти задачи в целом характеризует как состояние сил и средств ПСО, так и их научно-технический уровень (рис. 1).

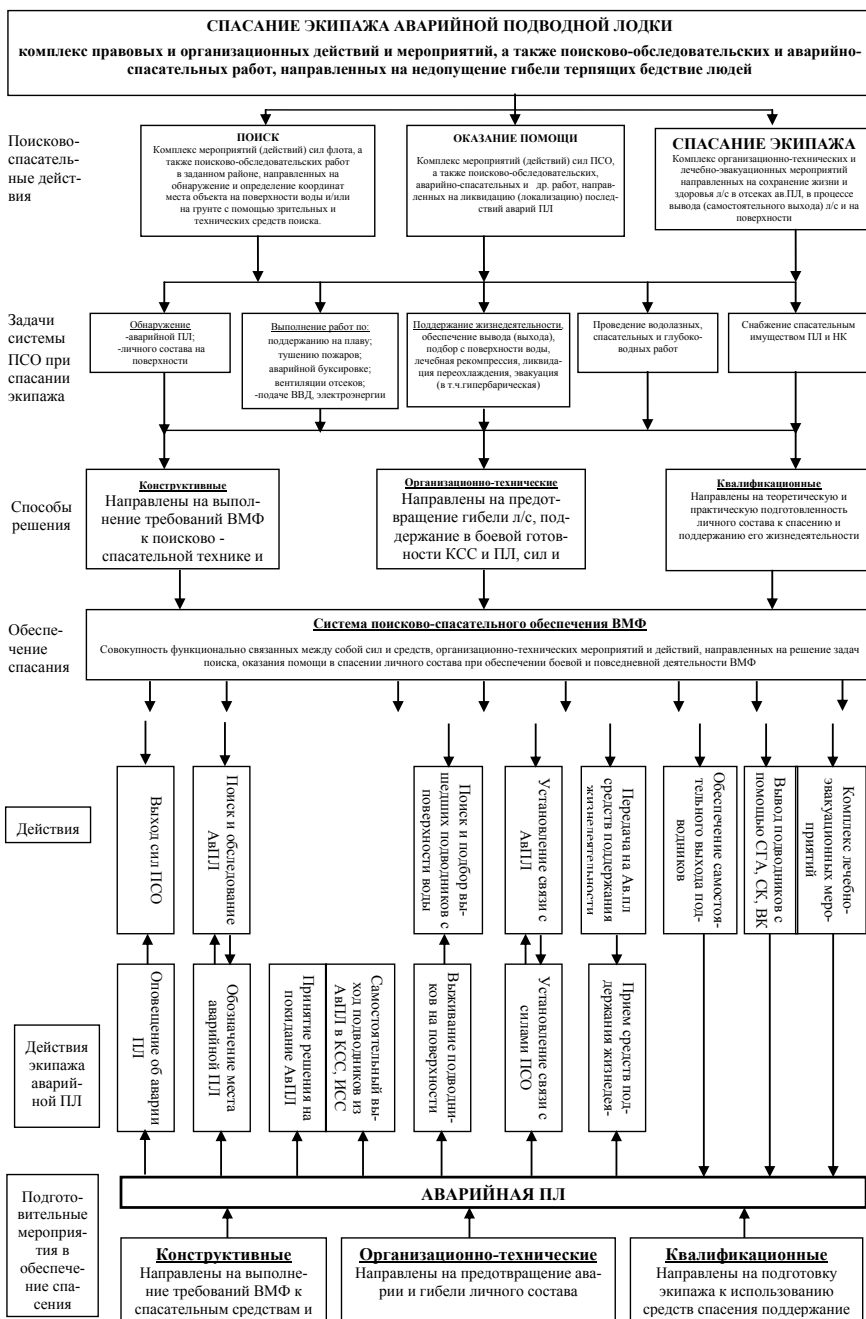


Рис. 1. Структурная схема спасения экипажа аварийной ПЛ

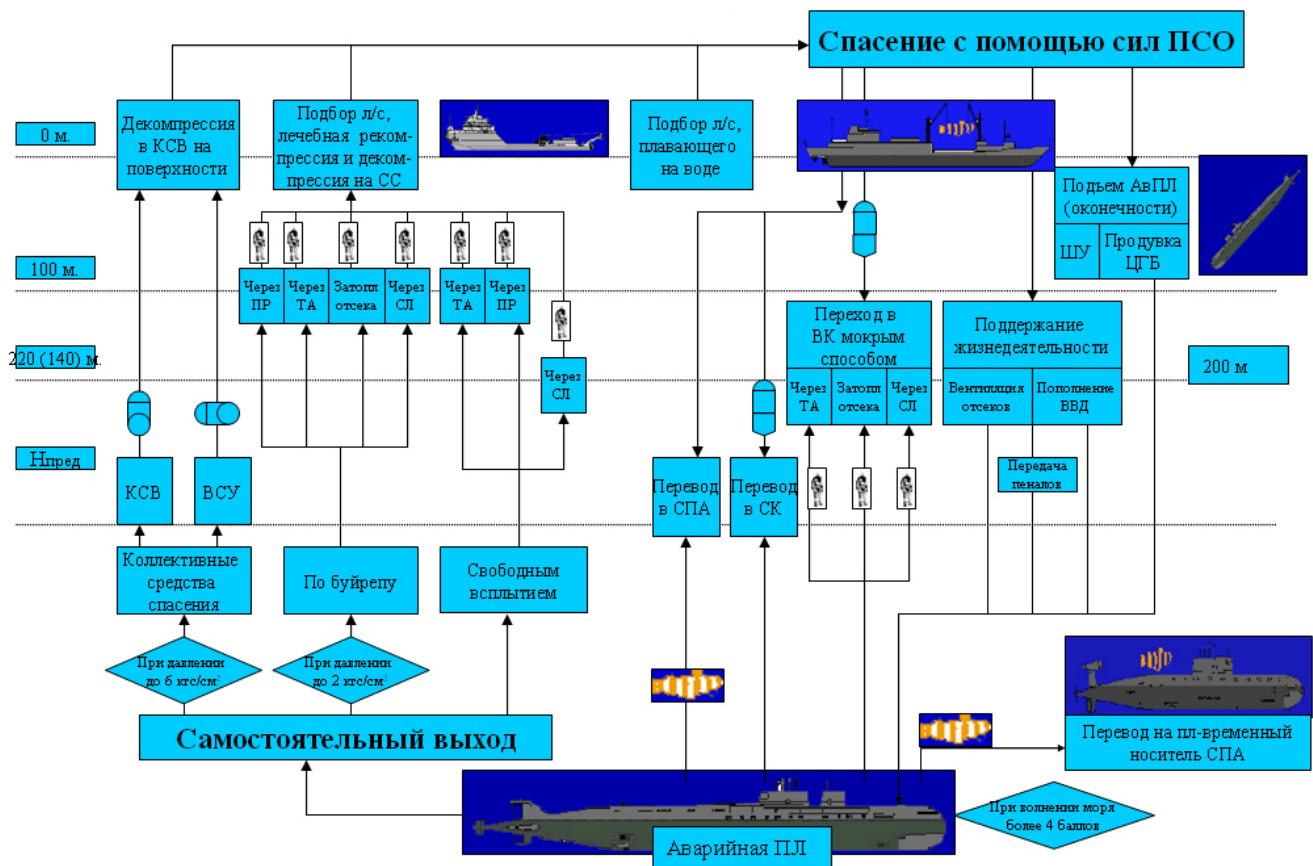


Рис. 2. Существующие способы и методы спасения экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте

Процесс развития сил и средств ПСО с середины 80-х гг. до 2001 г. имеет тенденцию к снижению количественных и качественных характеристик из-за отсутствия необходимого финансирования на восстановление и поддержание готовности сил, разработку и закупку новой поисково-спасательной техники, а вот развитие комплекса спасательных средств ПЛ в основном шло по восходящей линии. В результате на ПЛ предусмотрено наличие и использование индивидуальных (спасательные гидрокостюмы, спасательное снаряжение) и коллективных средств (спасательные плоты, всплывающая спасательная камера) спасения при аварии как в надводном, так и в подводном положениях, средств оповещения об аварии, обозначения места аварии, связи с силами ПСО, поддержание жизнедеятельности. Многовариантность сценариев развития аварии, высокая степень неопределенности ее последствий, подтверждаемые опытом проведения спасательных работ (например, ПЛ «С-178» – в 1981 г., «К-429» – в 1983 г., АПЛ «Комсомолец» – в 1989 г., АПЛ «Курск» в 2000 г.) и другие факторы обусловили развитие основных способов, методов и средств выхода экипажей из аварийной ПЛ, лежащей на грунте самостоятельно (например в спасательном снаряже-

нии или в спасательной всплывающей камере) или с помощью сил и средств ПСО (например перевод в водолазный колокол или в спасательный подводный аппарат) (рис. 2).

Некоторые методы, из числа показанных на рис. 2, могут быть реализованы путем шлюзования подводника в спасательном люке, торпедном аппарате, прочной рубке или затоплением отсека. Вместе с тем каждый из методов имеет определенные ограничения по условиям реализации, и все они, кроме первого, являются единственно возможными при выходе из отсеков аварийной ПЛ с повышенным более 2 кгс/см² давлением. Поэтому наличие на ПЛ спасательного снаряжения, способного обес-

печить выход из нее любым из указанных методов, существенно повышает вероятность спасения.

Необходимо также отметить, что одной из закономерностей развития сил, средств и способов спасения экипажей аварийных ПЛ является то, что они базируются на бесценном опыте фактических аварий.

Основная цель системы ПСО ПЛ – сохранение жизни человека в море, причем в условиях мирного времени вне зависимости от национальной принадлежности.

С момента катастрофы АПЛ «Курск» прошло более двенадцати лет, а после гибели АПЛ «Комсомолец» – почти 24 года. За эти годы руковод-



Рис. 3. Спасательное судно пр. 21300

твом ВМФ, специалистами флотов, институтов и промышленности предприняты значительные шаги по совершенствованию сил и средств, предназначенных для спасания экипажей ПЛ, а также по оснащению поисково-спасательной службы современными судами.

С декабря 2005 г. на ОАО «Адмиралтейские верфи» ведется строительство современного спасательного судна ПЛ пр. 21300 по проекту ЦМКБ «Алмаз» (рис. 3), оснащенного спасательным подводным аппаратом и глубоководным водолазным комплексом. Тактико-техническое задание на его проектирование составлено с учетом опыта работ по подъему атомного подводного крейсера «Курск».

Судно представляет собой носитель спасательного ПА и глубоководного водолазного комплекса с рабочей глубиной до 450 м. методом насыщенных погружений. Оно оснащено вертолетной площадкой для кратковременного приема вертолета, необитаемыми телевизионным и рабочим аппаратами, системой барокомплексов, предусматривается установка гипербарического бота.

В 2001–2004 гг. закуплены и поставлены на флоты импортное водолазное оборудование, техника и снаряжение РТПА «Venom», ТНПА «Tiger», нормобарических скафандров «HS-1200» (рис. 4, 5).



Рис. 4. Рабочий телеуправляемый подводный аппарат «Tiger»



Рис. 5. Спуск нормобарического скафандра «HS-1200»

Необходимость закупки этих средств выявил анализ проведения работ на АПЛ «Курск», так как аналогичные отечественные средства и техноло-

гии либо морально и физически устарели, либо отсутствовали.

Спасательные ПА пр. 1855 «Приз» и пр. 18270 «Бестер», являющиеся одними из основных элементов системы спасания подводников из-под воды, в конце XX – начале XXI вв. вступили в фазу технического обновления (рис. 6).



Рис. 6. Спасательный глубоководный аппарат

После гибели АПЛ «Курск» в 2000 г. остро обозначилась проблема взаимодействия с ВМС стран НАТО в области поиска и спасания экипажей аварийных ПЛ, в связи с этим одним из направлений повышения эффективности системы ПСО ВМФ становится ее интеграция в международную систему спасания экипажей аварийных ПЛ, в том числе лежащих на грунте.

Главным результатом проделанной работы можно считать подписание 8 февраля 2003 г. в Мюнхене министром обороны РФ и генеральным секретарем НАТО «рамочного документа между Российской Федерацией и Организацией Североатлантического Договора по спасанию экипажей аварийных подводных лодок».

В настоящее время развиваются двусторонние контакты между РФ и заинтересованными государствами в данной области, проводятся двусторонние и многонациональные учения, осуществляются совместное сотрудничество, обмен опытом специалистов ВМФ и ВМС стран НАТО в рамках общего плана. Следует отметить, что действия специалистов ВМФ РФ получили высокую оценку всех участников на прошедшем в 2008 г. международном учении по спасанию экипажей аварийных ПЛ «Болд Монарх–2008» в Норвегии.

Вместе с тем надо признать, что, несмотря на проведенную работу, остаются не устраненными недостатки, требующие значительных затрат времени и финансовых средств. К их числу следует отнести отсутствие на некоторых спасательных судах глубоководных водолазных комплексов, средств проведения декомпрессии экипажа аварийной ПЛ на части судов-носителей спасатель-

ных ПА, несовершенство некоторых элементов спасательных комплексов ПЛ, необходимость совершенствования спасательного снаряжения подводника (ССП) (рис. 7) и др.



Рис. 7. Спасательное снаряжение подводника

Таким образом, реализация указанных выше направлений совершенствования сил и средств спасания личного состава аварийных ПЛ позволит повысить эффективность аварийно-спасательной службы флота в соответствии с требованиями XXI в.

При дальнейшем развитии спасательных комплексов ПЛ и системы ПСО необходимо учитывать, что каждый из рассмотренных способов спасания имеет ограничения по применению (глубина, давление в отсеках аварийной ПЛ, крен и дифферент ПЛ, наличие сил ПСО, гидрометеосостояние и т. д.).

В таблице приведены сравнительные характеристики основных условий использования способов и методов спасания экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте. К этим факторам относятся глубина места аварии, давление в отсеках ПЛ, время пребывания подводников под давлением воздушной среды, величина крена и дифферента ПЛ, характеристика гидрометеосостояния на поверхности воды и наличие сил ПСО в районе аварии.

Следует также отметить, что применение каждого из способов будет зависеть и от таких факторов, как:

- время возможного дыхания экипажа в изолирующих дыхательных аппаратах;
- время возможного пребывания экипажа в отсеках аварийной ПЛ, зависящего в свою очередь от температуры воздушной и водной сред, величины повышенного давления в отсеках, уровня загазованности и загрязненности воздушной среды;
- скорость придонных течений (около 3–4 уз), влияющих на работу водолазов, обитаемых и необитаемых подводных аппаратов;
- минимальная глубина присоса (около 40 м) обитаемых подводных аппаратов;

Сравнительная характеристика основных условий использования способов и методов спасания экипажа аварийной ПЛ, лежащей на грунте

Способ и метод	Предельные значения (ограничения)					
	Глубина, м	Давление в отсеке, кгс/см ²	Время пребывания под давлением	Крен Дифферент, град.	ГМУ, баллы	Наличие сил ПСО
I. Самостоятельный выход						
Всплытие в КСВ	Пред.	5,00	Несколько часов	45–60	3–4	+
Всплытие в ВСУ	Пред.	0,5	Несколько суток	45–60	2–3	+
Выход по буйрепу при шлюзовании:						
выход через прочную рубку	100	6,0	15'–20'	45–60	2–3	+
через ТА	100	6,0	15'–20'	45–60	2–3	+
затоплением отсека	100	6,0	15'–20'	45–60	2–3	+
через спасательный люк	100	6,0	15'–20'	45–60	2–3	+
Свободное всплытие при шлюзовании:						
через ТА	100	2,0	2'	45–60	2–3	+
через спасательный люк	200	2,0	10'–15'	45–60	2–3	+
через прочную рубку	100	2,0	2'	45–60	2–3	+
II. Спасание с помощью сил ПСО						
Переход в СПА:						
при спуске СПА с НК	Пред.	6,0	Несколько часов	45	3–4	+
при выпуске СПА с ПЛ	Пред.	6,0	То же	45	3–4	+
перевод в СК	Пред.	6,0	« «	45	3–4	+
Перевод в ВК (ПВО СПЛ):						
через ТА	200	6,0	« «	–	3–4	+
через СЛ	200	6,0	« «	–	3–4	+
затоплением отсека	200	6,0	« «	–	3–4	+
подъем оконечности ПЛ	70	2,0	« «	45	2–3	+
поддержание жизнедеятельности (вентиляция, ввд)	200	6,0	« «	45–60	2–3	+
Использование:						
NSRS	600	5,0	То же	60	6	+
SRDS	700	6,0	« «	60	5	+

– наличие ледового покрова на поверхности воды;

– уровень возможной радиации в отсеках аварийной ПЛ;

– наличие раненых и пораженных в отсеках ПЛ и их способности передвигаться, а также ряда других факторов.

Поэтому при непохожести аварий и их своеобразии каждый из этих способов *дополняет друг друга и в конечном итоге повышает вероятность спасения подводников.*

При использовании средств и способов спасания экипажа аварийной ПЛ, принятых в других странах (рис. 8), необходимо учитывать конструктивные и организационно-технические особенности отечественных ПЛ, а также то, что состав и характеристики комплекса спасательных средств ПЛ зависят от уровня обеспеченности живучести ПЛ. Чем выше уровень живучести ПЛ, тем меньше может быть предусмотрено средств и способов спасания экипажа. Только при совершенно одинаковом обеспечении живучести наших и иностранных ПЛ можно от-

казываться от апробированных практикой средств и способов спасания. Поскольку конечные цели обеспечения живучести ПЛ и спасания экипажа, если исходить из существующих определений руководящих документов, не совпадают, необходимо уточнить понятие живучести в действующих руководящих документах.



Рис. 8. Спасательная система SRDS

Многовариантность развития аварий и высокая степень неопределенности прогнозирования их последствий тре-

буют сохранения и развития апробированных многолетней эксплуатацией ПЛ средств и способов спасания личного состава. При этом следует искать пути их реализации в рамках отечественного подводного кораблестроения на современной технологической базе с использованием передовых достижений науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.М. Концептуальные проблемы конструктивного обеспечения спасания подводников // Судостроение. – 2010. – № 3, 4.
2. Друкер И.И. Спасение подводной лодки «М-351» // Информационный сборник ПСС ВМФ. – 1990. – Вып. 2. (38).
3. Баранов И.Л. «Она утонула...» Уроки и выводы // Оборонный заказ. – 2010. – № 26.
4. Илюхин В.Н. Развитие средств и способов спасания экипажей аварийных подводных лодок ВМФ России. Роль Российской науки в создании отечественного подводного флота. / Под общ. ред. А.А. Саркисова; РАН. – М.: Наука. – 2008 ■

РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО И КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ

профессионального водолазного оборудования, снаряжения и технических средств для обеспечения и выполнения подводно-технических, научно-исследовательских и аварийно-спасательных работ во всем диапазоне глубин.



ООО «Дайвтехносервис» - это:

Единственная в истории России компания, которая спроектировала и организовала серийное производство барокамер в соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства (РМРС) и российского Речного Регистра (РРР).

Единственная в России компания, имеющая «Свидетельство о признании изготовителя водолазных барокамер и водолазных щитов управления», «Свидетельство о типовом одобрении на водолазные барокамеры», выданные РМРС.

Первая в России компания - член ИМСА (Международная Ассоциация предприятий Морской Индустрии).

Единственная российская компания, выполняющая серийное производство, поставку, монтаж и ввод в эксплуатацию судовых и контейнерных водолазных комплексов, соответствующих правилам РМРС.

199155, Санкт-Петербург, ул. Железноводская, д.18, корпус 2, лит. А
тел. (812) 350-9544, 323-9034, 498-8899, 498-8877, факс (812) 350-0786
e-mail: office@diveservice.ru



www.diveservice.ru



Штормгласс — наиболее древний физико-химический тест, реагирующий на изменения погоды и солнечной активности, который применялся моряками еще в XVIII-XIX вв. Показаниями служила наблюдаемая картина кристаллизации при различных погодных условиях. В целом штормгласс представляет собой запаянную стеклянную трубку, в которую помещается водно-спиртовой раствор калийной селитры, хлорида аммония и камфары в определенных пропорциях. Ниже приведены несколько рецептов изготовления штормгласса:

Рецепт №1. В 19,5 г спирта (можно древесного или денатурированного) развести 4,4 г камфары; отдельно в 16 г дистиллированной воды растворить 2,3 г селитры и 2,3 г нашатыря. Когда растворы станут совершенно прозрачными, второй раствор влить в первый. Жидкость тотчас же замутится белыми хлопьями, и ее надо сильно встряхивать. Этой жидкостью наполнить пробирку на 4/5 высоты.

Рецепт №2. В небольшой прозрачной склянке (15–20 мл) тщательно смешайте 2 г нитрата калия, 2 г хлорида аммония и 2,5 мл воды, после чего добавьте 9 мл камфорного спирта и герметично запечатайте склянку.

Рецепт №5. 1) Стеклянная, запаянная с одной стороны трубка длиной $L = 30,48$ см, диаметром $D = 1,905$ см $L/D = 16$ (это важное соотношение!) 2) *D*-изомер (тоже важно!) камфоры ($C_{10}H_{16}O$) — 7,770 г; калиевая селитра (KNO_3) — 5,8275 г; хлористый аммоний (NH_4Cl) — 3,885 г; спирт этиловый (100%) — 63,785 мл при температуре 16,60°C (100 г 1%-ного этанола $C_2H_5OH + 103,1$ г воды). Когда раствор будет готов, трубка запаивается с другого конца.

Точные данные об изобретателе штормгласса неизвестны, однако значительное внимание уделил этому прибору английский адмирал Фицрой. Он долго пытался разобраться в многообразии показаний «волшебной» склянки, пытался систематизировать наблюдения и даже составил таблицу признаков изменения погоды согласно ее предсказаниям. Эти наблюдения известного мореплавателя и организатора регулярной метеорологической службы в Англии, выполненные в разных районах Мирового океана, позволили грамотнее разбираться с показаниями штормгласса. Ниже приведена методика наблюдения, которая была разработана согласно работе Роберта Фицроя:

- жидкость в колбе прозрачна — солнечно;
- жидкость мутная — облачно, возможны осадки;
- маленькие точки в жидкости — влажно, туман;
- мутная жидкость с маленькими звёздочками — гроза;
- маленькие звёздочки в жидкости сол-

СВЯЗЬ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШТОРМГЛАССА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ

И. А. Степанюк, д-р физ.-мат. наук, проф.,

Н. С. Фролова, аспирантка,

А. В. Зимин, канд. физ.-мат. наук, доцент, РГГМУ,

контакт. тел.: 89119345693, 89817240363, 89626959172

нечным зимним днём предвещают снег;

- крупные хлопья — облачность в умеренные сезоны, снегопад зимой;
- иглистые кристаллы — заморозки;
- нити у поверхности — ветрено;
- быстрое появление крупного кристалла в чистой колбе при ясной погоде — гроза.



Рис.1. Современные варианты конструкции штормгласса

В настоящее время точного ответа на вопрос о механизме действия штормгласса не существует. Учитывая факт герметичности прибора, можно исключить воздействие атмосферного давления, а температурные колебания в показаниях получаются довольно сглаженными. Также сделаны предположения, что на штормгласс влияют напряженность электрического и магнитного поля Земли, разряды молний, есть также сообщения, что прибор чувствителен к сейсмическим толчкам и землетрясениям.

Группой крымских ученых обнаружена связь характеристик штормгласса с изменениями индекса геомагнитной возмущенности A_p и индексом солнечной активности (числом Вольфа). В вариациях показателя штормгласса, накопленных с 1995 г., присутствует набор квазиустойчивых периодов, из которых наиболее значимы периоды в 120, 185 и 360 сут. Полученные результаты в общих чертах согласуются с представлениями, согласно которым физическим агентом, влияющим на процесс кристаллообразования, являются изменения фоновых электромагнитных полей низких частот [1,2].

Объекты наблюдений и методика обработки. В наших экспериментах

использовалась стандартная ампула штормгласса, которая представляла собой наглухо запаянный сосуд, заполненный смесью камфоры, нашатыря и калиевой селитры (4:1:1), растворенных в смеси спирта с дистиллированной водой. В ранее опубликованных сообщениях различных авторов, например в [1,2], рассматривались преимущественно визуальные наблюдения за реакцией штормгласса, при этом синоптическая обстановка оценивалась также визуально.

В наших экспериментах ампула была размещена в термо- и светоизолированном боксе, лишь одно окошко оставалось открытым. Через это окошко пропускался сфокусированный отражателем пучок света. После прохождения ампулы этот пучок воспринимался фотоприемником, затем через электронную схему (усилитель) сигнал поступал на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в персональный компьютер (ПК) (рис.2). Параллельно на второй канал АЦП поступал сигнал с измерителя естественного пе-

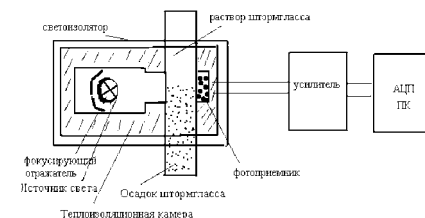


Рис.2. Схема установки со штормглассом (первый канал)

ременного магнитного поля с полосой пропускания в области 7–8 Гц (рис.3). В качестве датчика здесь использовалась индукционная катушка (40 000 витков) с ферромагнитным сердечником. Сигнал с катушки поступал на предусилитель, затем пропускался через фильтр низких частот, затем детектировался схемой на двух операционных усилителях. После этого сигнал поступал на второй канал АЦП ПК. Синоптические карты (приземный анализ) брались с общедоступного немецкого сайта.

Эксперименты проводились в предположении, что воздействие на структуру штормгласса оказывают электромагнитные поля в указанной области частот. Ранее [4] было выявлено, что циклональные образования и атмосферные фронты возбуждают в окрестности такие поля, и они могут распространяться в направлении движения циклона до 1000–1500 км. Индукция в непосредственной близости от циклона может достигать 10–15 нТл.

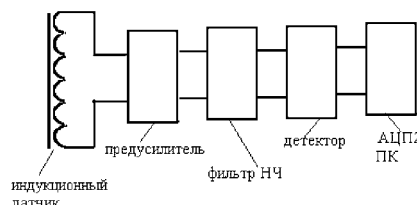


Рис. 3. Схема установки измерителя естественного переменного магнитного поля (второй канал)

Результаты и обсуждение. В экспериментах со штормглассом нам удалось выяснить, что действительно существуют синхронные «события» в записях оптической плотности штормгласса и возмущений индукции в области частот 7–8 Гц. Эти «события» соответствуют прохождению циклона с фронтальными разделами (рис. 4–7). Указанные «события» определялись путём статистического анализа рядов, полученных по записям двух каналов, в программном пакете «Mesosaur».

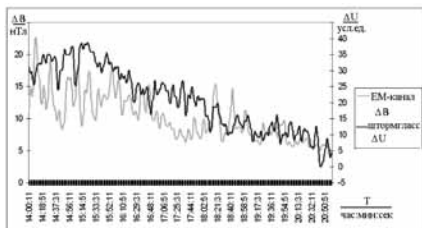


Рис. 4. Графическая зависимость данных, полученных по двум каналам (ЕМ-каналу и штормглассу) с 14.00.11 по 21.00.51 10.04.09. ΔВ – вариации индукции, ΔU – вариации сигнала штормгласса. Значимый коэффициент корреляции – 0,73. Время задержки реакции штормгласса – 2–3 мин.

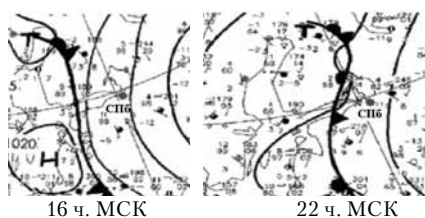


Рис. 5. Синоптические карты района исследования (10.04.09 на 16 ч и 22 ч по моск. времени). Пункт наблюдения – г. Санкт-Петербург

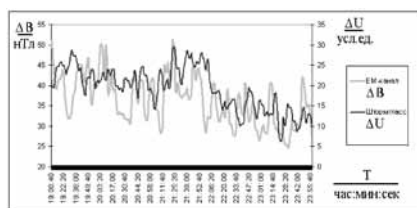


Рис. 6. Графическая зависимость данных, полученных по двум каналам (ЕМ-каналу и штормглассу) с 19:08:40 по 23:58.00 14.04.09. ΔВ – вариации индукции, ΔU – вариации сигнала штормгласса. Значимый коэффициент корреляции – 0,51. Время задержки реакции штормгласса – 8 мин.

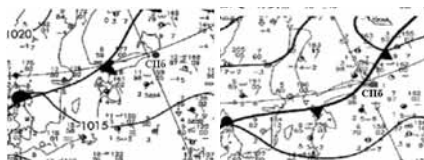


Рис. 7. Синоптические карты района исследования (14.04.09 на 16 ч и 22 ч по моск. времени). Пункт наблюдения – г. Санкт-Петербург.

Для оценки возможного «предчувствия» или задержки реакции на переменное электромагнитное поле сначала осуществлялось сглаживание рядов с помощью скользящего среднего, а затем проводился взаимокорреляционный анализ сглаженных рядов. На рис. 8 и 9 представлены результаты подобного анализа. Наибольший коэффициент корреляции между двумя рядами составил 0,83 при сдвиге в 110 шагов, что соответствует 37 мин. при шаге равном 20 с. По данным эксперимента 09.04.09 реакция штормгласса на электромагнитные явления началась на 37 мин. позже.

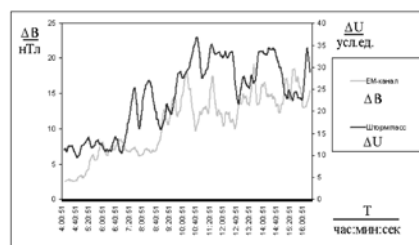


Рис. 8. Пример статистического анализа рядов (04.00.51 – 16.28.51 09.04.09). Черная линия – сглаженная реакция штормгласса, серая линия – сглаженная реакция электромагнитного канала. Всплеск реакции штормгласса слева от «события» неидентифицирован. Время задержки реакции штормгласса – 37 мин (110 шагов).

Примечание. Для наглядности сигнал штормгласса при обработке был инвертирован. В реальности возрастание ЕМ-сигнала приводит к снижению сигнала от штормгласса. Это соответствует повышению оптической плотности.

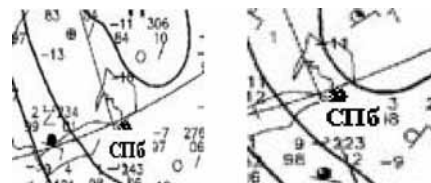


Рис. 9. Синоптические карты района исследования (09.04.09 на 4 ч и 16 ч по моск. времени). Ситуация антициклона. Пункт наблюдения – г. Санкт-Петербург.

ВЫВОДЫ

1. Не любой циклон и не любые фронтальные разделы, как связанные с циклоном, так и существующие отдельно, например, в барических ложбинах, формируют такие «события». Видимо, это говорит о том, что штормгласс как «предсказатель» шторма использовался моряками из-за отсутствия более надежных методов. Он не может заменить современные методы прогноза по синоптическим картам, но при отсутствии таковых может оказать существенную помощь.

2. Также было отмечено возрастание сигналов штормгласса, характерное для ситуации, когда в районе исследования стоит антициклон. Это эквивалентно уменьшению оптической плотности, т.е. повышению прозрачности (сигнал с фотоприемника ΔU меняется обратно оптической плотности).

3. Полученные результаты показали, что изначальная гипотеза о том, что на реакцию штормгласса преимущественное влияние оказывают связанные с погодой электромагнитные поля в области крайне низких частот, по-видимому, справедлива.

Авторы выражают искреннюю благодарность Н.Ф. Перевозчикову (Московский физико-технический институт) за предоставление возможности работы со штормглассом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский Э.А., Тарашук В.П., Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности и геофизической возмущенности на физико-химические процессы в жидкой среде: предварительный анализ показаний штормгласса // Геофизические процессы и биосфера. – 2010. – Т.9. – №1, С.19-33.
2. Барановский Э.А., Тарашук В.П., Владимирский Б.М. Колба Фицроя (штормгласс) как индикатор погоды – земной и космической. Новые данные // Космос и биосфера: Тез. докладов IX Междунар. крымской конф., 10-15 октября, 2011, Алушта, Украина. – Симферополь: ДИАИПИ, 2011. – С.113–114.
3. Бескаравайный Н.М. Таинственная ампула. // Химия и жизнь – 1979. – №6
4. Степанов И.А. Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. – СПб.: Изд. РГМУ, 2002. – 214 с. ■

Одно из крупнейших предприятий судостроительного комплекса Санкт-Петербурга – завод «Северная верфь» – уже свыше 100 лет занимается постройкой, переоборудованием, модернизацией и ремонтом кораблей и судов различных классов и назначений для отечественных и зарубежных заказчиков.

За указанный период кораблями верфи было построено для ВМФ России и на экспорт около 250 надводных кораблей класса эсминец, крейсер, фрегат, корвет и свыше 280 коммерческих судов различного назначения, в том числе танкеры, сухогрузные и пассажирские суда, лесовозы, рыболовные, научно-исследовательские суда, паромы, плавучие доки и суда снабжения морских буровых платформ.

Осуществляя свою производственную деятельность, завод, как и другие предприятия отрасли, оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Это воздействие связано в первую очередь с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросом загрязненных сточных вод и образованием отходов производства и потребления.

Хорошо известно, что в наши дни в связи с бурным развитием промышленности, транспорта, сельского хозяйства в окружающую природную среду выбрасывается все большее количество вредных веществ. Мы не мыслим свое существование без автомобиля, самолета, круизного судна, компьютера, телевидения и других благ цивилизации. Для их создания требуются новые производства, новые технологии и одновременно нахождение некоего баланса между экологией и экономикой. Найти этот баланс призвано новое направление в управлении предприятием – *экологический менеджмент*.

Цель экологического менеджмента – создание четкой общей организационной структуры, которая позволяет реализовывать программы по охране окружающей среды и соответствовать экологическим нормативам.

Система экологического менеджмента предприятия, в том числе и судостроительного, – это часть общей системы менеджмента, осуществляющей планирование деятельности, распределение ответственности, собственно практическую работу, по разработке, внедрению, оценке достигнутых результатов и совершенствованию экологической политики предприятия [1].

Прогресс в области технологий остановить нельзя, а производство не может не иметь отходов, в том числе и опасных. Поэтому только общественные отношения и культура человека, понимание им

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

*М.М. Лукьянова, начальник отдела,
И.О. Ивановский, канд. техн. наук,
ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 03 53*

опасности позволяет нейтрализовать отрицательные последствия современных технологий.

Таким образом, в основе экологического менеджмента лежит новая концепция управления предприятием и обществом в соответствии с целями, критериями, приоритетами и мотивами развития взаимодействия человека и природы. [2].

В нашей стране зарождение экологического менеджмента относится к началу 70-х гг. В 1972 г. вышло постановление правительства «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов». Впервые на Госстандарт была возложена задача рассмотреть и разработать документы в этом направлении. В СССР охрану природы и рациональное природопользование ресурсов выделяли в особый раздел народнохозяйственного плана. В практику хозяйствования внедрялись методы управления чистотой природной среды, которые включали:

- определение перспективных нормативов чистоты окружающей природной среды для рассматриваемого периода планирования и региона (территории) и выбор оптимальной стратегии их достижения (прогнозирование и планирование уровня чистоты окружающей среды, научно-техническое и ресурсное обеспечение планируемых мероприятий по охране среды от загрязнения);

- совершенствование социальных механизмов, реализации планов охраны окружающей среды от загрязнения [3].

Деятельность предприятия по последней подсистеме определялась ГОСТ 24525.4–80. В соответствии с этим стандартом целью управления охраной окружающей среды являлось обеспечение выполнения норм и требований, ограничивающих вредное воздействие в процессе производства и выпуска продукции на окружающую среду, а также рациональное использование природных ресурсов, их воспроизводство и восстановление.

В начале 90-х гг. на предприятиях были введены экологические паспорта. Эти документы содержали комплекс данных о предприятии и влиянии его производства на окружающую среду, включая данные об использовании предприятием ресурсов (вторичных, природных). Экологический паспорт разрабатывали сами предприятия за счет своих средств и согласовывали его с местными органами власти и территориальными органами Минприроды РФ. На многих предприятиях они действуют до сих пор. Разработка экологического паспорта в настоящее время необязательна.

В начале 90-х гг. в России наблюдался спад производственной деятельности. Однако он не сопровождался адекватным уменьшением антропогенной и техногенной нагрузки на природную среду.

Можно сказать, что освоение и применение международных стандартов ИСО по экологическому менеджменту российскими предприятиями весьма актуально. Международный стандарт не только дает шанс предприятиям выйти на новый уровень, но и сэкономить на расходах производства и рациональному природопользованию.

В 1996 г. началась разработка национальных аналогов стандартов ИСО серии 14000 Госстандарта России. В том же году были опубликованы первые стандарты ИСО/ТК 207 (ИСО 14001, ИСО 14004), пять из них (ИСО 14001, ИСО 14004, ИСО 14010, ИСО 14011, ИСО 14012) приняты для прямого использования как аутентичные тексты международных документов в России. ISO 14001 и 14004 как основополагающие стандарты содержали требования к системам экологического управления и рекомендации по их созданию и обеспечению функционирования.

В соответствии с указанными требованиями в 2000 г. на заводе была разработана и внедрена Система управления окружающей средой на основе ГОСТ Р ИСО 14001–1998.

В 2008 г. в связи с выходом новой версии международного стандарта был обновлен и отечественный ГОСТ. На основании соответствующих приказов по заводу существующая Система управления окружающей средой была доработана до требований Системы экологического менеджмента. Таким образом, с 2009 г. на заводе функционирует Система экологического менеджмента.

Основными производственными процессами на заводе являются: сварка, резка и механическая обработка металлов, нанесение лакокрасочных покрытий, деревообработка, изоляционные работы.

Территория завода граничит: с севера и северо-востока с ОАО «Кировский завод»; с востока и юго-востока – с ТЭЦ-14 филиала «Невский» ОАО «ТГК-1»; с юго-запада и запада – с промышленной зоной, расположенной вдоль дороги на Турухтанные острова; с северо-запада территория примыкает к акватории Екатеринбургского бассейна Невской губы Финского залива. В границах территории завода имеется единая система энергоснабжения и канализации.

К территории завода прилегает водная акватория – водоем хозяйственного значения высшей категории, состав воды в акватории отнесен к категории «умеренно загрязненные воды» и соответствуют III классу качества. Водоохранная зона – 500 м.

Сброс хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых сточных вод осуществляется в городской коллектор через один выпуск. Сброс сточных вод в водоем Финского залива прекращен в 2010 г. Система канализации завода оснащена сооружениями локальной очистки от загрязняющих веществ.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 ориентировочный размер санитарной защитной зоны для судостроительных и судоремонтных предприятий составляет 300 м, что соответствует III классу по санитарной классификации. Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии 580 м к востоку от границы территории завода.

На предприятии имеются стационарные (организованные и неорганизованные) и передвижные (автотранспорт и плавсредства) источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Организованные источники оборудованы системами местной вытяжной вентиляции, частично оснащенной аппаратами пылеулавливания.

В результате собственной деятельности завод образует производственные и бытовые отходы различной номенклатуры 1-го, 3-го, 4-го, 5-го классов опасности, которые временно накапливаются

в подразделениях завода до их вывоза. Срок накопления не превышает шести месяцев. Все образующиеся отходы собираются и вывозятся с территории завода в места их размещения (на полигоны) с целью хранения, захоронения или сдаются на обезвреживание в специализированные организации, имеющие соответствующие лицензии, а также для вторичного использования [4].

Для организационно-технического руководства разработкой, внедрением и поддержанием в рабочем состоянии Системы экологического менеджмента, руководства организацией технического контроля и охраны окружающей среды на заводе в 1998 г. был создан отдел охраны окружающей среды [6], на который возлагались следующие задачи:

- организация и руководство работами по обеспечению функционирования и совершенствования СЭМ в соответствии с требованиями ИСО 14001 и ГОСТ Р ИСО 14001;

- контроль деятельности подразделений завода по обеспечению соблюдения требований по охране окружающей среды с целью поддержания сертифицированной Системы экологического менеджмента в рабочем состоянии для выполнения обязательств, принятых руководством завода в соответствии с экологической политикой [5];

- в принятой и официально продекларированной экологической политике руководство завода определило своей основной экологической целью сокращение выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, потребления природных ресурсов, объемов образования отходов производства всеми разумными и доступными средствами и приняло на себя обязательство по ее выполнению посредством результативного функционирования Системы экологического менеджмента, соответствующей требованиям международного стандарта ИСО 14001–2004 и национального стандарта ГОСТ Р ИСО 14001–2007.

Системы экологического менеджмента – часть общей административной системы управления заводом и затрагивает все производственные процессы предприятия. В рамках системы разработан пакет документации Системы экологического менеджмента, в которой установлены функциональные обязанности, полномочия и ответственность работников завода всех уровней для достижения экологической цели. Кроме того, для каждого технологического процесса или вида деятельности определены экологические аспекты (уровень выбросов в атмосферный воздух вредных веществ, образования загрязняющих сточных вод или отходов). Все эти аспекты были ранжированы с применением крите-



риев оценки значимости по масштабу и интенсивности воздействия. Для тех аспектов, которые оказывают или могут оказать существенное негативное воздействие на окружающую среду – «значимых аспектов», определены меры по их управлению, т. е. конкретные требования по обеспечению экологической безопасности, установленные в различных видах внутриводской документации.

Большое значение на заводе уделяется профессиональной подготовке персонала, в том числе участвующего в организации и реализации Системы экологического менеджмента. Специалистами отдела охраны окружающей среды разрабатываются программы, по которым последовательно проходят обучение начальники подразделений, затем рабочие и служащие и по отдельной программе назначенные в подразделения ответственные лица – уполномоченные по Системе экологического менеджмента и ответственные за отходы. На курсах простым, понятным языком разъясняются экологические задачи применительно к каждому цеху и отделу. Возникающие по окончании лекций дискуссии приводят в итоге к пониманию требований, устанавливаемых Системой экологического менеджмента. Обучение проводится периодически, по мере внесения изменений в документацию Системой экологического менеджмента, ротации кадров.

Для установления перечня нормативных документов систематически отслеживаются изменения природоохранного законодательства РФ всех категорий. Сформирован и постоянно актуализируется Регистр экологической нормативно-правовой документации. Для ознакомления всех работников завода с документами, включенными в Регистр, он размещается на внутреннем

сайте комплексной информационной системы и содержит краткое содержание документов.

Очень важен для реализации Системы экологического менеджмента контроль, который в соответствии с принятой на заводе схемой включает лабораторно-аналитический, визуальный, контроль, осуществляемый внешними надзорными органами. По его результатам оформляются документы, регистрируемые и используемые для оценки соответствия законодательным требованиям, а также другим требованиям, которые завод обязался выполнять. Оценка соответствия выполняется и при проведении внутренних аудитов функционирования подразделений завода в соответствии с Системой экологического менеджмента.

Итоги данной работы завода ежегодно оформляются в виде отчета и представляются для анализа и оценки её результативности генеральному директору предприятия. За время действия Системы экологического менеджмента, заводом подтверждалась ее результативность, а именно:

- достижение экологической цели, обозначенной в экологической политике, по снижению различных показателей негативного воздействия на окружающую среду;
- выполнение в полном объеме мониторинга параметров качественных и количественных характеристик сбросов и выбросов в окружающую среду;
- итоги внутреннего аудита Системы экологического менеджмента;
- положительная динамика в деятельности завода, направленная на выполнение требований природоохранного законодательства РФ.

На основании представляемых для анализа данных ежегодно оформляется приказ по заводу, устанавливающий мероприятия по обеспечению дальнейшего функционирования и улучшению Системы экологического менеджмента.

Среди основных результатов внедрения Системы экологического менеджмента за прошедшие годы, приведших к значительному снижению негативного воздействия деятельности завода на окружающую среду, можно назвать:

- полное прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоем;
- упорядочение деятельности подразделений завода по обращению с отходами производства и потребления;
- установление требований по экологической безопасности в заводской технологической документации;
- поддержание эффективной работы существующих на заводе газопылеулавливающих установок и сооружений локальной очистки сточных вод.

Учитывая значение достигнутого

и следуя веяниям времени, завод принимает участие в имиджевых мероприятиях, подтверждающих его статус как экологически эффективного предприятия. В 2011 г. он принял участие в V Всероссийской конференции «Экология и производство. Перспективы развития экономических механизмов охраны окружающей среды». По итогам конференции независимым общественным советом и оргкомитетом завод был признан лауреатом конкурса «100 лучших организаций России. Экология и экологический менеджмент», отмечен в номинации «Технология года» за внедрение наилучших доступных технологий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и удостоен диплома «Лучшая экологическая служба». Генеральный директор и главный инженер предприятия были отмечены почетными знаками «Эколог года».

В 2011 г. завод как победитель конкурса «Хрустальная капля» в номинации «Лучший абонент 2011 года ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»



среди предприятий промышленности» был награжден Почетной грамотой.

В 2012 г. оргкомитетом Международной академии качества и маркетинга генеральному директору завода было присвоено звание «Персона года».

В конце апреля 2012 г. группой аудиторов Ассоциации по сертификации «Русский Регистр» был проведен внешний сертификационный аудит Системы экологического менеджмента, менеджмента качества и профессиональной безопасности и охраны труда, функционирующих на заводе и базирующихся на сходных принципах международных стандартов. В результате были выданы Сертификаты соответствия всех трех систем.

Главный эксперт сертифицирующей организации отметил соответствие Системы экологического менеджмента



требованиям ИСО 14001:2004 и способность Системы достигать поставленных целей, обусловленных существующей экологической политикой.

Наличие экологического сертификата – важная характеристика завода, способствующая росту его конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности, особенно после вступления страны в ВТО.

Необходимо отметить приверженность руководства завода принципам открытого освящения экологических аспектов на внешнем интернет-сайте предприятия, в заводской газете и средствах массовой информации. Специалисты завода регулярно участвуют в семинарах и конференциях по экологической тематике, продолжают плодотворно взаимодействовать с независимыми рейтинговыми агентствами при составлении экологических и энергетических рейтингов.

В заключение хочется отметить, что заводом достигнут очень хороший результат многолетнего труда руководителей, специалистов и всех работников по установлению благоприятной экологической обстановки на собственной промышленной площадке. В дальнейшем для поддержания достигнутых результатов требуется систематическая, кропотливая работа руководства завода, каждого рабочего по выполнению необходимых и достаточных требований, установленных документами Системы экологического менеджмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масленникова И. С., Кузнецов Л. М., Пшенин В. Н. Экологический менеджмент: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГИЭУ, 2005. – 166 с.
2. www.hr-portal.ru/article/kontseptsiya-ekologicheskogo-menedzhmenta
3. Гичев А. В. Основы управления качеством продукции. – М.: АМИ, 1998. – 355 с.
4. Стандарт предприятия СТП ВЕИШ.21.453–2013: Руководство по экологии.
5. Стандарт предприятия СТП ВЕИШ.21.414–2012: Экологические цели и задачи. Программа экологического менеджмента.
6. Стандарт предприятия СТП ВЕИШ.01.405–2012: Положение об отделе охраны окружающей среды. ■

Дальнейшим развитием крыльевой глайдерной платформы явился проект «ZRay», представляющий собой следующее поколение подводных планеров «XRay». Проект стартовал в 2008 г. Его целью было дальнейшее увеличение гидродинамического качества и управляемости аппарата.

Разработка и изготовление первого планера «ZRay» были завершены в 2010 г. (рис. 1). К настоящему времени



Рис. 1. «ZRay 1»

создано несколько модификаций ПГ «ZRay», отличающихся гидродинамической формой и рабочими системами. Внешний корпус ПГ выполнен из ABS стеклопластика и крепится к внутренней титановой конструкции прочного корпуса. Все системы, необходимые для полностью автономного движения планера, расположены во внутренней конструкции. В марте 2010 г. были проведены первые успешные ходовые испытания глайдеров семейства «ZRay», целью которых было достижение глубины погружения 300 м. Хотя многие системы «ZRay» идентичны системам «XRay» или являются модифицированными версиями, некоторые принципиальные новшества все же появились. Во-первых, внешняя форма «ZRay» стала другой. В «ZRay» использован новый профиль, рассчитанный на оптимальный режим обтекания при числах Рейнольдса порядка 1 млн. и качества 35, а не профиль McMasters, как в «XRay». В отличие от «XRay» двухмерная форма сечения нового профиля использована по всему размаху с постепенным уменьшением хорды к боковым кромкам крыла с целью обеспечения большого удлинения и стреловидности порядка 30° сдвигающей центр давления вниз по потоку. Другое новшество – замена сферического прочного корпуса, содержащего аппаратуру, необходимую для управления глайдером, на корпус, по форме согласованный с конфигурацией внутреннего пространства аппарата.

Также существенным изменением стало встраивание в корпус малых водометов для того, чтобы контролировать положение аппарата при ней-

ПОДВОДНЫЕ ГЛАЙДЕРЫ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА (ЧАСТЬ 2*)

И.В. Кожемякин, канд. техн. наук, начальник Управления НИИЧ,
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.,
В.А. Рыжов, д-р техн. наук, проф.,
А.В. Смольников, канд. техн. наук, проф., СПбГМТУ,
Е.И. Татаренко, д-р техн. наук, проф. Самарского ГТУ,
контакт. тел. +7 921 380 7506

тральной или близкой к ней плавучести, особенно важной для ориентации гидрофонов планера в пространстве. Водометы на нижней стороне планера появились также для того, чтобы управлять движением и маневрированием аппарата во время его нахождения около океанской поверхности или на ней. Чтобы улучшить гидроакустическую чувствительность аппарата, на концах его крыльев, в хвосте и в носовой части, были установлены четыре больших низкочастотных акустических сенсора. На «XRay» их было три.

Существующие на сегодняшний день подводные планеры («Seaglider», «Srgau», «Slocum») довольно эффективны при сборе информации о каких-либо свойствах воды, а также при мониторинге в реальном времени экологической обстановки. Однако они не предназначены для установки на борту широкополосных и многоканальных пассивных акустических систем. ПГ «ZRay» имеет достаточные физические размеры, которые позволяют установить на аппарате массивные акустические системы и в то же время минимизировать расход бортовой энергии.

Таким образом, глайдер типа «летающее крыло» продемонстрировал способность минимизировать энергию, расходуемую на горизонтальное движение, и в то же время иметь возможность нести достаточно большие полезные грузы. Этот класс подводных планеров удовлетворяет широкому диапазону задач ВМФ, таких как длительный мониторинг отдельных акваторий океана; погружение на заданные глубины с последующем всплытием и передачей полезной информации; поиск и отслеживание подводных объектов, патрулирование прибрежной акватории, разведка и перемещение небольших грузов. Кроме того, планеры этого класса с низким потреблением энергии пригодны для решения большого числа научных задач.

Внешний корпус спроектирован для изготовления из очень прочного АБС-пластика, прикрепленного к внутреннему (прочному) титановому корпусу. Хотя конструкция аппаратов

«XRay» и «Stingray» единая, предусматривающая использование стекловолокна и углепластика.

Регулярные испытания аппарата в открытом море показывают, что проект «ZRay» находится в стадии активного совершенствования его ТТХ. Так, в ходе испытаний конца 2011 г. глайдер тестировался в том числе на управляемость в полете при высоких значениях гидродинамического качества с применением комплекса, состоящего из трех приводных закрылков, установленных на «ZRay» после испытаний начала года (рис. 2). Привод, расположенный вдоль ДП, должен был обеспечить одновременную перекачку двух внутренних закрылков с целью изменения кривизны крыла, в то время как приводы правого и левого борта должны позволять перекачивать дифференцированно два внешних закрылка с тем, чтобы управлять креном аппарата.



Рис. 2. «ZRay 2»

Данное изменение конструкции (использование закрылков) было связано с результатами испытаний «ZRay» начала 2011 г., которые продемонстрировали, что гидравлическая система изменения крена создает значительно больше собственного акустического шума, чем приводы в виде закрылков (акустический и вибрационный шум от действия закрылков не обнаруживался на спектрограммах гидрофонной решетки, расположенной на передней кромке аппарата). В ходе этих испытаний также ставились задачи: повторить полеты с тем же аэродинамическим качеством (L/D) при нейтральном положении внутренних закрылков; продемонстрировать управляемый полет при еще больших значениях качества за счет изменения кривизны крыла посредством внутренних

* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2013, №1(45), с. 113–117.

закрылков. Другими целями испытаний были демонстрация возможности удаленного управления глайдером «ZRay» через спутниковую систему Iridium; передача на «ZRay» управляемых подводных акустических сигналов различных типов для множества значений азимута и фиксированной дальности (например, 1–2 км) для оценки акустического функционирования гидрофонной решетки передней кромки аппарата. При этих испытаниях «ZRay» должен был иметь почти нейтральную плавучесть и свободно дрейфовать на глубине примерно 50 м.

Анализ открытой литературы по крыльевому глайдеру указывает на то, что разработка аппаратов класса Liberdade находится на экспериментальной стадии. Информация, имеющаяся в опубликованных в сети документах, имеет разрозненный характер.

ГИБРИДНЫЕ ГЛАЙДЕРЫ

К настоящему времени сформировался подкласс АНПА, которые называются «гибридными» АНПА или «гибридными» глайдерами. Движение гибридных АНПА осуществляется как с использованием технологии пассивного планирования, так и за счет использования активных традиционных пропульсивных систем (гребных винтов, водометов и пр.). Применение последних обусловлено, в первую очередь, необходимостью поддержки корректного поведения глайдера в экстремальных, нестандартных или специальных ситуациях, таких как преодоление течений и приливов, позиционирование в пространстве, выполнение специальных маневров вблизи свободной поверхности или дна и др.

Разработкой дополнительных пропульсивных модулей для стандартных глайдеров занимаются и фирмы-производители, и исследовательские и научные центры, активно осуществляющие практическую эксплуатацию ПГ. К таким центрам относятся Rutgers University, USA; Memorial University of Newfoundland, Canada; Institute for Ocean Technology, Canada и др.

Примером гибридного глайдера является китайский аппарат «Petrel» (рис. 3). Он имеет модульную конструкцию, включающую: полусферическую носовую оконечность, передний отсек, основной отсек, «мокрый» отсек, кормовой отсек и коническую кормовую оконечность.

В носовой оконечности размещена емкость дополнительной плавучести («пузырь»), в носовом отсеке – механизм изменения плавучести, батарейный блок. Механизм управления креном и дифферентом и автоматическая система управления расположены в



Рис. 3. «Petrel»

основном отсеке, к которой также симметрично крепятся крылья. «Мокрый» отсек содержит отделяемый груз, уμβиликальный кабель и т.д., из этого отсека выдвинута антенна для GPS и беспроводной связи; в кормовом отсеке размещены приводы для перекладки рулей; в конической кормовой оконечности – независимый двигательный блок с электромотором. Длина ПГ «Petrel» составляет 3,2 м, максимальный диаметр – 0,25 м, размах крыльев – 1,8 м. Массовое водоизмещение аппарата – 130 кг, максимальная масса замещения – 1400 мл. Аппарат рассчитан на максимальное внешнее давление 500 дбар.*

Таким образом, аппарат рассчитан на глубину порядка 5000 м. Максимальная скорость равна 2 м/с на двигателе и 0,5 м/с в режиме глайдера.

В режиме глайдера этот аппарат обладает скрытностью, малым потреблением энергии, большой автономностью и большими возможностями по глубине. В режиме движения с двигателем он имеет функцию форсажа скорости, горизонтального движения на мелководье и обладает большой маневренностью.

Известен проект гибридного варианта глайдера «Sterne» с плавниковым двигательным модулем. Массогабаритные характеристики «Sterne» отличаются от характеристик «традиционного» глайдера: длина корпуса – 4,5 м, диаметр корпуса – 0,6 м, масса – 900 кг, максимальная скорость в режиме планирования – 1,3 м/с. При использовании активной пропульсивной системы скорость «Sterne» может возрастать до 1,8 м/с (при этом он может преодолеть около 120 миль).

Другой специально спроектированный в Monterey Bay Aquarium Research Institute, USA гибридный АНПА – проект «Tethys» (рис. 4).

Он представляет собой аппарат цилиндрической формы длиной 2,3 м, диаметром 0,3 м, без крыльев, с кормовыми горизонтальными и вертикальными стабилизаторами. Одной из целей его разработки была оптимизация энергопотребления всех систем (потребляемая мощность – около 8 Вт).

* Децибар – это одна десятая бара, что примерно соответствует 1 м глубины воды, 1 бар = 1,01325 атм.



Рис. 4. Гибридный АНПА «Thetys»

Управление потреблением энергии – ключевой элемент данного аппарата, для снижения потребления энергии осуществляется периодическая работа всех датчиков или при возможности полное их отключение, что позволяет достичь большей автономности и дальности хода. Другой целью разработки была оптимизация корпуса АНПА и гребного винта. Корпус имеет оптимизированную кормовую оконечность, позволяющую минимизировать гидродинамическое сопротивление. Нестандартная конструкция гребного винта и двигателя без зубчатой передачи оптимизированы для эффективного низкоскоростного режима движения. Режим работы винта двухскоростной: на горизонтальные скорости – 0,5 и 1,0 м/с. В оперативном отношении «Tethys» функционирует как традиционный глайдер, используя спутниковую связь для обмена данными.

Компания «Graal Tech» из Генуи, Италия, разработала гибридный глайдер «eFolaga» (рис. 5). Это один из многих гибридных ПГ, использующий механизм изменения плавучести, но не имеющий крыльев, создающих подъемную силу и горизонтальное движение. Упор, а также коррекция дрейфа и дифферента создаются не несущими поверхностями, а встроенными в аппарат трастерами с электроприводами. В аппарате отсутствует управление креном, так как он спроектирован как независимый от крена и не имеющий прикрепленных в средней части крыльев. Длина ПГ «eFolaga» – 2,2 м, диаметр – 0,155 м, вес в воздухе – 31 кг, глубина функционирования – 0–50 м.

Прочный корпус из углекислого пластика повышенной прочности. Кроме GPS и мобильной радиосвязи оборудован акустическим модемом. Автономность – 6 часов, скорость – 1 м/с на водомете и 2 м/с на гребном винте. Кроме СТД имеются оптический сенсор, гидролокатор бокового обзора.

Некоторые «традиционные» глайдеры, рассмотренные выше, имеют «гибридные» модификации. Примерами модификаций торпедных компонентов являются гибридные варианты ПГ «Slocum» и «SeaExplorer», а также более масштабный гибридный вариант проекта «Sterne». Примером моди-



Рис. 5. Гибридный глайдер «eFolaga»

фикации крыльевой компоновки стал один из вариантов проекта «ZRay2». На рис. 6 показан внешний вид гибридного глайдера «Slocum» с винтовой движительной установкой, которая позволяет повысить эффективность ПА при выполнении определенных маневров.



Рис. 6. Гибридный вариант «Slocum»

На рис. 7 показан пропульсивный модуль, состоящий из «складывающегося» двулопастного винта и миниатюрного электропривода с сверх-малым энергопотреблением.



Рис. 7. Движительный модуль гибридного варианта «Slocum»

Гибридную модификацию представляет собой также проект «SeaExplorer» (рис. 8). Имея те же размеры, что и стандартный глайдер, эта модификация включает «встроенное» в хвостовой стабилизатор независимое винтовое двигательное устройство. Особенностью двулопастного гребного винта (как и гибридного глайдера «Slocum») является возможность «складывания» лопастей, что необходимо для функционирования в обычном режиме планирования (рис. 9).

Гибридная модификация крыльевого глайдера Liberdade «ZRay2» имеет в качестве дополнительной пропульсивной системы водометные двигатели, установленные в нижней части аппарата, ближе к задней кромке. Водометы предназначены также для маневрирования аппарата и движения вблизи поверхности океана и на ней. То есть задача дополнительной активной пропульсивной системы – выпол-



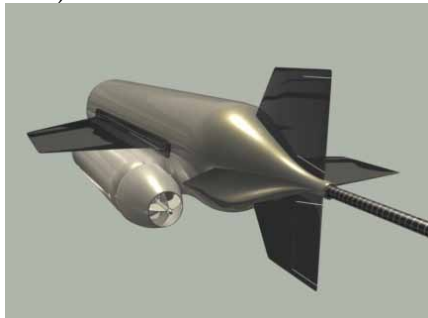
Рис. 8. Гибридный вариант «SeaExplorer»



Рис. 9. Движительный модуль гибридного варианта «SeaExplorer»

нение специальных маневров, а также обеспечение требуемой динамики ПА. Разновидностью гибридного глайдера можно считать и перспективный аппарат, показанный на рис. 10.

а)



б)

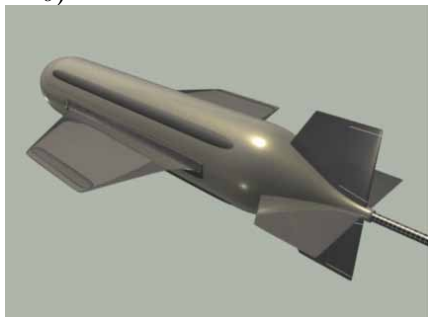


Рис. 10. Глайдер в комплексе с буксировщиком (а) и после отделения от него (б)

ТЕРМОГЛАЙДЕРЫ

Перспективной модификацией одного из первых ПГ «Slocum Electric» стал термический аппарат «Slocum Thermal» (рис. 11). Он был разработан и оптимизирован для миссий особо большой длительности при хорошо развитом термоклине. Движение этого аппарата реализуется за счет использования энергии перепада температур между поверхностью и дном океана. В миссиях ПГ, движимых электрической энергией, 60–80% этой энергии затрачивается на собственно движение.

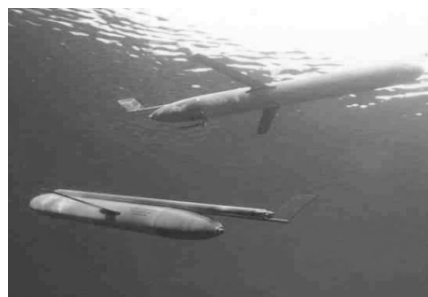


Рис. 11. «Slocum Thermal»

Поэтому по дальности термоглайдер может превосходить электроглайдер в 3–4 раза. «Slocum Thermal» использует для движения изменение объема рабочего (этилен глюколя) тела при затвердевании и плавлении.

В настоящее время реализуется дизайн-проект глайдера нового поколения «Slocum Thermal Twin E» (на базе глайдера «Slocum»), работающего на принципе преобразования энергии термоклина и оснащенного двумя инновационными системами изменения фазового состояния рабочего тела (рис. 12).

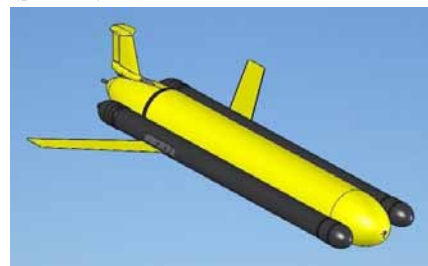


Рис. 12. «Slocum Thermal Twin E»

Проект нацелен на дальнейшее развитие технологических решений, используемых ранее в глайдере «Slocum-T». Он выполняется при поддержке Office of Naval Research (ONR) в сотрудничестве с Jet Propulsion Lab (JPL), NASA.

ВОЛНОВЫЕ ГЛАЙДЕРЫ

В 2008 г. компанией «Liquid Robotics, США» было разработано морское транспортное средство «Wave Glider», которое является нетрадиционным АНА, использующим для своего движения энергию волн и солнца. Принцип работы аппарата состоит в следующем. Интенсивность волнового движения является наибольшей у свободной поверхности и достаточно быстро уменьшается с увеличением глубины. Этот факт позволил создать двухкомпонентный аппарат, состоящий из надводного («поплавка») и подводного модулей («системы машущих крыльев», имеющих свободу по вращательным колебаниям). При этом движение модулей происходит в разных по физическим характеристикам средах («поплавка» в волновом потоке, модуль машущих крыльев – в однородном потоке). В результате движение аппарата «Wave Glider» обеспечивается за счет

реализации силы тяги на системе крыльев, образующейся в результате их вертикальных колебаний, вызванных волновым движением «поплавка». Главное отличие «Wave Glider» от свободно дрейфующих буев состоит в том, что ПГ дрейфует не свободно, а по заданной программе и независимо от направления волны.

Конструкция аппарата «Wave Glider» (стандартная конфигурация) включает в себя надводный модуль габаритами 2,08×0,60 м и подводный модуль габаритами 1,91×0,4 м с системой из шести пар подвижных крыльев размахом 1,07 м. Модули связаны между собой 6-метровым кабель-тросом. Вес аппарата – 90 кг. Как надводный, так и подводный модуль могут нести полезную нагрузку. В надводном модуле размещены солнечные батареи мощностью 80 Вт, от которых питается система управления, система связи, полезная нагрузка, а также подзаряжаются аккумуляторные батареи. Блок литий-ионных аккумуляторов имеет емкость 665 Вт·ч. В подводном модуле размещается полезная нагрузка – датчики различного назначения, зависящие от миссии аппарата. Датчики питаются от солнечных батарей. Периодичность съема информации с датчиков – примерно один раз в 10 минут. В настоящее время измерительная информация, снимаемая «Wave Glider», относится только к приповерхностному слою океана.

Существующий флот волновых глайдеров прошел 42 000 миль. Дальность самой длительной (более 10 месяцев) миссии была 6200 миль. С 9 по 18 января 2009 г. волновой глайдер обошел Гавайи, за 9 дней и 2 часа пройдя 342 морских мили со средней скоростью 1,57 уз и максимальной скоростью 1,84 уз. Непосредственное удержание в точке невозможно, так как глайдер дол-

жен все время двигаться, однако можно настроить его на барражирование с минимальным радиусом 30 м.

В августе 2012 г. на 142-м годовом совещании американского Общества рыбной промышленности впервые был продемонстрирован еще один вариант волнового глайдера «Wave Glider DTX-SUB». Он представляет собой комплекс, включающий собственно волновой глайдер фирмы «Liquid Robotics» и эхолот компании «BioSonics DTX», размещенный в специально разработанном буксируемом аппарате в форме подводной ракеты (рис. 13). Глайдер представляет собой программируемый эхолот, заключенный в погружаемую обтекаемую корпус и предназначенный для исследования морского дна и рыбных ресурсов океана. Идея объединить волновой глайдер с эхолотом сформулирована профессором Корнельского университета Чарльзом Гринном (Charles Greene).



Рис. 13. Волновой глайдер с эхолотом во время испытаний на Гавайях летом 2012 г.

Недавние испытания продемонстрировали способность эхолота определять структуры распределения и миграции морских организмов. Система включает специальный упругий буксировочный трос-кабель, позволяющий поддерживать устойчивую горизонтальную ориентацию эхолота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bachmayer R., Leonard, N.E., Graver J.G., Fiorelli E., Bhatta P. and Paley D. Underwater gliders: Recent developments and future applications. – In Proc. IEEE International Symposium on Underwater Technology (UT'04), Taipei, Taiwan.
2. Barker W.P. An Analysis of Undersea Glider Architecture and an Assessment of Undersea Glider Integration into Undersea Applications. – Monterey, California, Naval Postgraduate School, 2012–09, Dissertation.
3. D'Spain G., Hilderbrand J. (Scripps Institution of Oceanography), Husband W., Stevenson M. (SPAWAR Systems Center, Pacific). Follow-On Tests of the ZRay Flying Wing Underwater Glider and Wave Glider Autonomous Surface Vehicles and their Passive Acoustic Marine Mammal Monitoring Systems, 2011, 11–15 October.
4. Jenkins S. et al. Underwater Glider System Study, Scripps Institution of Oceanography // Technical Report. – 2003 (6 May). – №53.
5. Jones C., Webb D., (Teledyne Webb Research), Glenn S., Schogield O., Kerfoot J., Kohut J., Aragon D., Haldeman C., Haskin T., Kahl A., Hunter E. (Rutgers University), Slocum Glider-Expanding the Capabilities, UUST, 2011.
6. Rudnick D.L., Davis R.E., Eriksen C.C., Fratantoni D.M. and Perry M.J. Underwater gliders for ocean research // Mar. Technol. Soc. J. – 2004. – Vol.38. – P. 73–84.
7. SLOCUM: A Long Endurance Ocean Profiler powered by Thermocline Driven Engine. – Sea Technology, 1998, February.
8. Wang S.X. and Sun X.J. Motion characteristic analysis of a hybrid-driven underwater glider. – OCEANS'10 IEEE, Sydney, Australia, 2009.
9. Wood S. Autonomous Underwater Gliders. – Intech, 2008, Dec.
10. Кожельякин И.В., Потехин Ю.П., Рождественский К.В., Рыжов В.А., Смольников А.В., Каченко И.В., Фрумен А.И. Подводные глайдеры: эффект «рыбьего пузыря» // Морские интеллектуальные технологии. – 2012. – №4. – (18). ■

Одной из основных особенностей подводных глайдеров и «ныряющих» буев, получивших распространение в последние годы, является наличие механизма изменения плавучести (МИП) [1–3]. При уменьшении плавучести аппарат погружается, а при ее увеличении всплывает. С практической точки зрения важно располагать оценками времени, за которое аппарат пройдет расстояние от свободной поверхности до расчетной глубины и обратно. Кроме того, для управления коридором по глубине полезно знать время переключения МИП на всплытие. В данной работе рассмотрена упрощенная математическая модель вертикального погружения тела в виде прочного корпуса, оборудованного МИП. В качестве примера рассмотрены аппараты в виде удлиненного цилиндра и шара. Отметим, что частный

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОГРУЖЕНИЯ ТЕЛА, ОСНАЩЕННОГО МЕХАНИЗМОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАВУЧЕСТИ

К. В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.,
В. А. Рыжов, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. +7921 380 75 06

случай разгона удлиненного цилиндра при мгновенном изменении плавучести рассмотрен в [4].

Пусть аппарат в виде прочного корпуса совершает погружение вдоль оси вращения в направлении положитель-

ных значений оси z . При этом уравнение движение аппарата принимает вид

$$(M + m')\ddot{z}(t) = Mg - \rho(z)gV(t) - C_D \frac{\rho(z)}{2} S_D \dot{z}(t) |\dot{z}(z)|. \quad (1)$$

В уравнении (1) обозначено: M – масса аппарата; m' – присоединенная масса воды в направлении движения; g – ускорение свободного падения; $\rho(z)$ – плотность воды на глубине z ; $V(t)$ – в общем случае переменный во времени объем прочного корпуса; C_D – коэффициент гидродинамического сопротивления аппарата при осевом обтекании, отнесенный к максимальной площади его поперечного сечения S_D ; $z(t)$ и $\dot{z}(t)$ – погружение и скорость аппарата соответственно. Заметим, что в (1) принят квадратичный закон сопротивления.

Представляя объем аппарата в виде $V(t) = V_0 - \Delta V_c(z) \mp \Delta V_b(t)$, где V_0 – объем аппарата в состоянии нейтральной плавучести перед погружением ($\rho_0 V_0 = M$), $\Delta V_c(z)$ – изменение объема аппарата за счет его обжатия под давлением, действующим на глубине, $\Delta V_b(t)$ – переменный объем плавучести, можно привести уравнение (1) к виду

$$\ddot{z}(t) = \frac{1}{1+\lambda} \left\{ g \left[1 - \frac{\rho(z)}{\rho_0} \left(1 - \frac{\Delta V_c(z)}{V_0} \mp \frac{\Delta V_b(t)}{V_0} \right) \right] - C_D \frac{\rho(z) S_D}{2\rho_0 V_0} \dot{z}(t) |\dot{z}(t)| \right\}, \quad (2)$$

где $\lambda = m'/M$; ρ_0 – плотность воды у поверхности.

Вводя относительную плотность $\bar{\rho}(z) = \rho(z)/\rho_0$, относительное обжатие аппарата $\eta_c(z) = \Delta V_c(z)/V_0$, относительный максимальный объем замещения $\eta = \Delta V_0/V_0$, перепишем (2) в следующем виде:

$$\ddot{z}(t) = \frac{1}{1+\lambda} \left\{ g \left[1 - \bar{\rho}(z) (1 - \eta_c(z) \mp \eta \cdot f(t)) \right] - C_D \frac{\bar{\rho}(z)}{2l^*} \dot{z}(t) |\dot{z}(t)| \right\}, \quad (3)$$

где $f(t)$ – нормированная функция управления МИП; l^* – отношение объема аппарата к максимальной площади поперечного сечения ($l^* = V_0/S_D$).

Решение уравнения (3) с подходящими начальными условиями и функцией управления $f(t)$ позволяет найти параметры погружения аппарата с учетом участков ускоренного, равномерного и замедленного движения, переменности физических параметров воды по глубине, конфигурации и размеров тела, а также обжатия аппарата под действием давления.

В данной работе мы ограничимся случаем постоянной по глубине плотности $\rho(z) \equiv \rho_0$ и несжимаемого прочного корпуса $\Delta V_c(z) \equiv 0$. При этом уравнение (3) примет вид

$$\ddot{z}(t) = \frac{1}{1+\lambda} \left[g \eta \cdot f(t) - \frac{C_D}{2l^*} \dot{z}(t) |\dot{z}(t)| \right]; \quad (4)$$

$$z(0) = 0, \dot{z}(0) = 0.$$

На первом этапе рассмотрим отдельно процессы ускорения и торможения аппарата. Предположим, что он начина-

ет движение от свободной поверхности из состояния покоя. Тогда задача об ускоренном погружении примет вид

$$\ddot{z}(t) = \frac{1}{1+\lambda} \left[g \eta \cdot f_a(t) - \frac{C_D}{2l^*} \dot{z}^2(t) \right]; \quad (5)$$

$$z(0) = 0, \dot{z}(0) = 0,$$

где функция $f(t)$ при разгоне принята в виде $f_a(t) = t/t_0$ при $t \leq t_0$ и $f_a(t) = 1$ при $t \geq t_0$, а t_0 – время изменения плавучести.

Разгон аппарата будет продолжаться до тех пор, пока его ускорение не обратится в нуль. Полагая, что при этом $t \geq t_0, f(t) = 1$, получим скорость v_s в начале участка установившегося движения

$$v_s = \sqrt{\frac{2gl^*\eta}{C_D}}. \quad (6)$$

Из (6) следует, что для заданного аппарата скорость погружения на участке установившегося движения пропорциональна квадратному корню из относительного объема замещения. Однако при фиксированном объеме замещения скорость установившегося погружения пропорциональна квадратному корню из отношения l^*/C_D .

В предположении мгновенного ($t_0 = 0$) изменения плавучести на величину ΔV_0^* уравнение (5) интегрируется в замкнутом виде. Зависимости скорости погружения и пройденного по вертикали расстояния получены в виде

$$\dot{z}(t) = \sqrt{\frac{2gl^*\eta}{C_D}} \tanh \left(\sqrt{\frac{g\eta C_D}{2l^*}} \frac{t}{(1+\lambda)} \right); \quad (7)$$

$$z(t) = \frac{2l^*(1+\lambda)}{C_D} \ln \cosh \left(\sqrt{\frac{g\eta C_D}{2l^*}} \frac{t}{(1+\lambda)} \right). \quad (8)$$

Для приближенного определения времени и погружения, начиная с которых движение становится установившимся, решим (7) относительно времени

$$t = (1+\lambda) \sqrt{\frac{2l^*}{g\eta C_D}} \tanh^{-1} \left(\frac{\dot{z}}{v_s} \right), \quad (9)$$

где v_s определяется по формуле (6).

Примем за время t_a завершения ускоренного погружения момент, когда значение скорости составляет 0,99 от максимальной. Тогда

$$t_a = (1+\lambda) \sqrt{\frac{2l^*}{g\eta C_D}} \tanh^{-1}(0.99) \cong 2.65(1+\lambda) \sqrt{\frac{2l^*}{g\eta C_D}}. \quad (10)$$

* Этот случай является в некотором смысле гипотетическим, поскольку для мгновенного изменения плавучести требуется бесконечная мощность.

Пройденное к этому моменту времени расстояние определяется в том же приближении посредством формулы

$$z_{ma} = \frac{2l^*(1+\lambda)}{C_D} \ln \cosh \left[\tanh^{-1} \frac{\dot{z}(t_{ma})}{v_s} \right] = \frac{2l^*(1+\lambda)}{C_D} \ln \cosh(\tanh^{-1}(0.99)) \cong 3.92 \frac{l^*(1+\lambda)}{C_D}. \quad (11)$$

Как следует из формулы (11), величина z_{ma} не зависит от объема замещения. Ниже на рис. 1–4 приведены результаты расчетов по формулам (7) и (8) для случая удлиненного цилиндра ($l^* = l_c, l_c/d = \kappa = 10, l_c = 1 \text{ м}, C_D = 0.82, \lambda_c \ll 1$) и шара идентичного объема

$$(d_s = l_c(3\kappa^2/2)^{1/3} \cong l_c/4, l^* = 2d_s/3, C_D = 0.4, \lambda_s = 0.5).$$

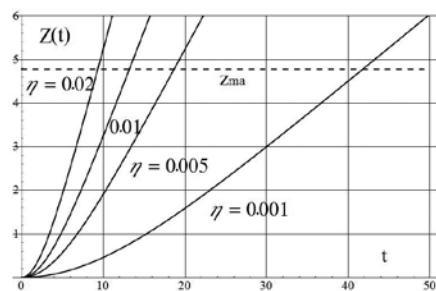


Рис. 1. Зависимость погружения цилиндра от времени при разгоне при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) и различных $\eta, l_c = 1 \text{ м}$

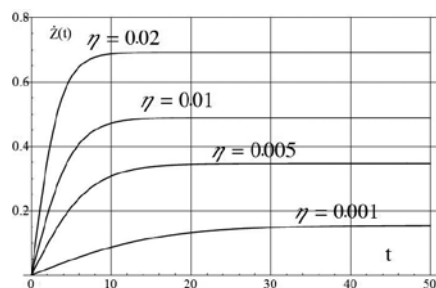


Рис. 2. Зависимость скорости погружения цилиндра от времени при разгоне при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) и различных $\eta, l_c = 1 \text{ м}$

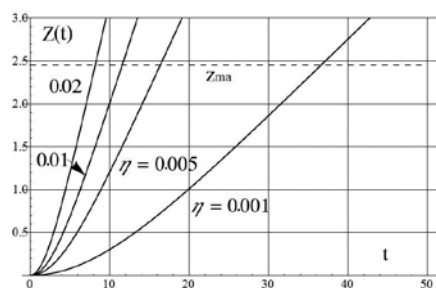


Рис. 3. Зависимость погружения шара от времени при разгоне при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) и различных $\eta, d_s = 0.25 \text{ м}$

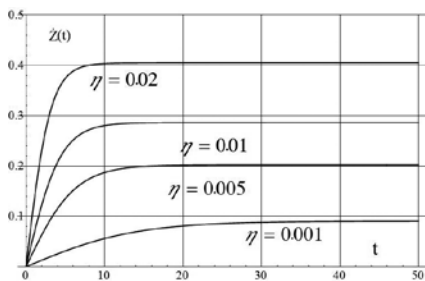


Рис. 4. Зависимость скорости погружения шара от времени при разгоне при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) и различных η , $ds = 0.25$ м

Выше предполагалось, что изменение плавучести происходит мгновенно. В действительности изменение плавучести реализуется за конечное время t_0 . Некоторые результаты численного решения задачи о разгоне (5) для цилиндра в предположении линейного закона изменения плавучести приведены на рис. 5, 6.

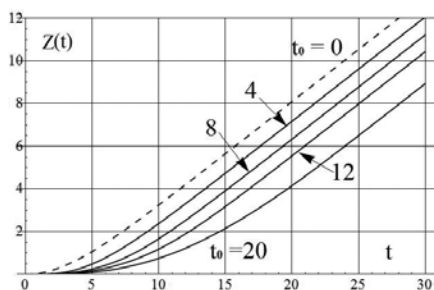


Рис. 5. Зависимость погружения цилиндра от времени при разгоне и различных значениях t_0 , $\eta = 0.01$, $l_c = 1$ м

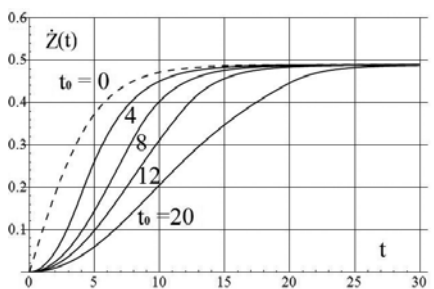


Рис. 6. Зависимость скорости погружения цилиндра от времени при разгоне и различных значениях t_0 , $\eta = 0.01$, $l_c = 1$ м

Пунктиром на рис. 5 и 6 нанесены расчетные данные при $t_0 \rightarrow 0$, совпадающие с точным решением (7) и (8).

В зависимости от заданного коридора H по глубине с учетом инерции аппарата, в определенный момент времени t_{as} необходимо переключить МИП на всплытие. При этом начинается процесс торможения аппарата вплоть до полной остановки.

Рассмотрим вначале аналитическое описание процесса торможения для

случая мгновенного ($t_0 = 0$) изменения относительной плавучести от $-\eta$ до η . При этом задача приобретает вид

$$\ddot{z}(t) = -\frac{1}{1+\lambda} \left[g\eta + \frac{C_D}{2l^*} \dot{z}^2(t) \right]; \quad (12)$$

$$z(0) = 0, \dot{z}(0) = v_s.$$

Заметим, что в (12) время отсчитывается от момента начала торможения. Интегрируя уравнение (12) с учетом начальных условий, получаем выражение для мгновенной скорости торможения и расстояния, пройденного от начала торможения до полной остановки аппарата в виде

$$\dot{z}(t) = v_s \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sqrt{g\eta C_D}}{2l^*} \frac{t}{(1+\lambda)} \right); \quad (13)$$

$$z(t) = \frac{2l^*(1+\lambda)}{C_D} \ln \left[\sqrt{2} \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sqrt{g\eta C_D}}{2l^*} \frac{t}{(1+\lambda)} \right) \right]. \quad (14)$$

Как видно из (13), полная остановка аппарата произойдет в момент времени

$$t = t_d = \frac{\pi(1+\lambda)}{4} \sqrt{\frac{2l^*}{g\eta C_D}}. \quad (15)$$

Подставляя (15) в (14), получаем дистанцию торможения

$$z_{md} = z(t_d) = \frac{2l^*(1+\lambda)}{C_D} \ln \sqrt{2}. \quad (16)$$

Из (16) следует, что путь торможения, так же как и дистанция разгона, см. (11), не зависит от объема замещения.

После момента времени $t = t_d$ аппарат начнет всплывать. Для описания ускорения при всплытии необходимо рассмотреть уравнение

$$\ddot{z}(t) = -\frac{1}{1+\lambda} \left[g\eta - \frac{C_D}{2l^*} \dot{z}^2(t) \right] \quad (17)$$

с начальными условиями $z(t_d) = z_{md}$, $\dot{z}(t_d) = 0$. Решение уравнения (17) с учетом начальных условий найдено в виде

$$\dot{z}(t) = -v_s \tanh \left(\sqrt{\frac{g\eta C_D}{2l^*}} \frac{t}{(1+\lambda)} - \frac{\pi}{4} \right); \quad (18)$$

$$z(t) = \frac{2l^*}{C_D} \ln \frac{\sqrt{2}}{\cosh \left(\sqrt{\frac{g\eta C_D}{2l^*}} \frac{t}{(1+\lambda)} - \frac{\pi}{4} \right)}. \quad (19)$$

Расчет процесса торможения при мгновенном изменении плавучести на основе аналитического решения с учетом полной остановки аппарата и последующего ускоренного всплытия приведен на рис. 7 и 8 для случая цилиндра и на рис. 9 и 10 для случая шара идентичного объема.

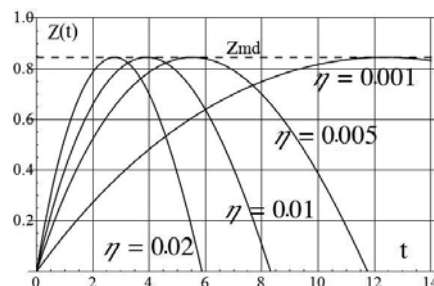


Рис. 7. Погружение цилиндра от момента начала торможения до остановки с учетом последующего всплытия при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) с $-\eta$ до η

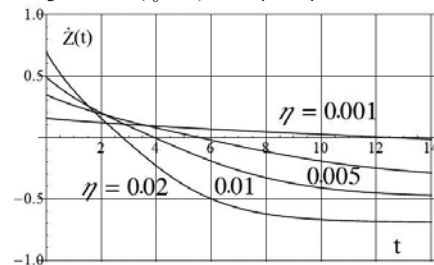


Рис. 8. Скорость погружения цилиндра от момента начала торможения до остановки с учетом последующего всплытия при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) с $-\eta$ до η

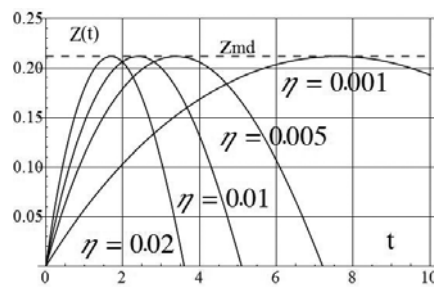


Рис. 9. Погружение шара от момента начала торможения до остановки с учетом последующего всплытия при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) с $-\eta$ до η

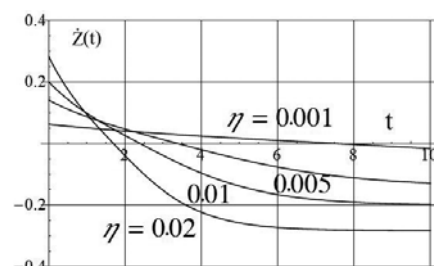


Рис. 10. Скорость погружения шара от момента начала торможения до остановки с учетом последующего всплытия при мгновенном изменении плавучести ($t_0 = 0$) с $-\eta$ до η

Полученные для процесса торможения аналитические результаты справедливы в предположении мгновенного изменения относительной плавучести от $-\eta$ до η . Учет конечности времени изменения плавучести можно произвести

посредством численного решения уравнения

$$\ddot{z}(t) = \frac{1}{1+\lambda} [g\eta \cdot f_d(t) - \frac{C_D}{2l^*} \dot{z}(t) |\dot{z}(t)|]; \quad (20)$$

$$z(0) = 0, \dot{z}(0) = v_s,$$

где функция управления принята в виде $f_d(t) = 1 - t/t_0$ при $0 \leq t \leq 2t_0$ и $f_{da}(t) = -1$ при $t \geq 2t_0$, допускающем ускоренное всплытие после полной остановки аппарата. На рис. 8 и 9 приведены расчетные данные, характеризующие влияние конечности времени замещения на процесс торможения и последующего всплытия цилиндра.

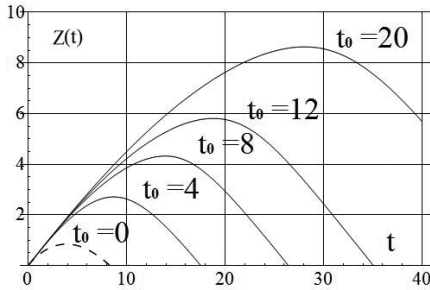


Рис. 11. Погружение цилиндра от момента начала его торможения до остановки с учетом последующего всплытия при изменении плавучести с $-\eta$ до η и различных t_0 , $\eta = 0.01$, $l_c = 1$ м

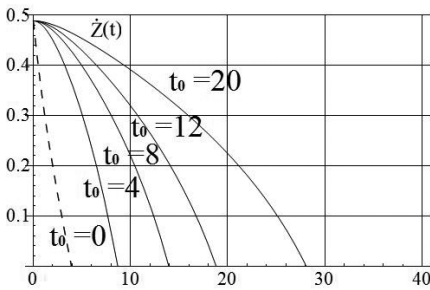


Рис. 12. Мгновенная скорость цилиндра от момента начала его торможения вплоть до остановки с учетом последующего всплытия при изменении плавучести с $-\eta$ до η и различных t_0 , $\eta = 0.01$, $l_c = 1$ м

На основе полученных результатов можно оценить полное время погружения t_{Σ} , (табл. 1 и 2). При этом суммируются время разгона t_a , время равномерного движения t_s и время торможения t_d вплоть до остановки. Время равномерного погружения определяется по формуле

$$t_s = \frac{H - z_{ma} - z_{md}}{v_s}, \quad (21)$$

где z_{ma} и z_{md} – длина участков разгона и торможения соответственно.

Данные расчетов приведены в табл. 1 и 2 для подобных цилиндров с длинами $l_c = 1$ м и $l_c = 2$ м. Полное время погружения приведено в последнем столбце таблиц в секундах и в минутах (жирным шрифтом).

Таблица 1
Зависимость полного времени погружения цилиндра от относительного изменения объема замещения при $H = 200$ м, $l = 1$ м, $t_0 = 20$ с.

η	t_a (с)	z_{ma} (м)	V_a (м/с)	t_d (с)	z_{md} (м)	t_s (с)	t_{Σ} (с)/(МИН)
0.001	29.5	1.7	0.16	37.3	3.67	1216	1283/21.4
0.005	27.5	4.9	0.35	30.2	6.58	538.6	596/9.9
0.01	25.1	6.6	0.49	28.07	8.64	377	430/7.2
0.02	22.9	8.6	0.69	26.41	11.48	260.8	310/5.2
0.03	22.03	10.3	0.85	25.60	13.64	207.1	255/4.2
0.05	21.2	13.2	1.1	24.72	17.03	154.3	200/3.3

Таблица 2
Зависимость полного времени погружения цилиндра от относительного изменения объема замещения при $H = 200$ м, $l_c = 2$ м, $t_0 = 20$ с.

η	t_a (с)	z_{ma} (м)	V_a (м/с)	t_d (с)	z_{md} (м)	t_s (с)	t_{Σ} (с)/(МИН)
0.001	29.7	1.5	0.21	41.44	5.83	917	988/16
0.005	28.4	6.3	0.49	43.15	10.15	375	447/7.5
0.01	27.5	9.8	0.69	30.16	13.16	257	315/5.2
0.02	25.1	13.1	0.98	28.07	17.27	173	226/3.8
0.03	23.7	15.4	1.2	27.05	20.38	137	188/3.1
0.05	22.4	19.0	1.55	25.95	25.24	100	148/2.5

Полное время погружения было рассчитано также путем непосредственного численного решения уравнения (4). При этом использовалась функция управления $f(t)$, задаваемая следующим образом:

при $t \leq t_{as}$

$$f(t) = \begin{cases} t/t_0, & t \leq t_0; \\ 1, & t \geq t_0; \end{cases} \quad (22)$$

при $t \geq t_{as}$

$$f(t) = \begin{cases} 1 - (t - t_{as})/t_0, & t_{as} \leq t \leq t_{as} + 2t_0; \\ -1, & t \geq t_{as} + 2t_0, \end{cases} \quad (23)$$

где t_{as} – время включения МИП на торможение вплоть до остановки и начала всплытия.

Такой расчет был выполнен для погружения цилиндра длиной $l_c = 1$ м и значений $\eta = 0.001, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05$. Значение t_{as} определялось как сумма t_a и t_s для соответствующих значений η из табл. 1. Зависимости погружения $z(t)$ и скорости погружения $\dot{z}(t)$ от времени при $\eta = 0.005$ приведены на рис. 10 и 11. На рис. 11 пунктиром показана функция $f_{as}(t)$.

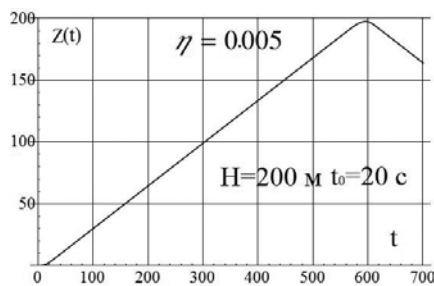


Рис. 13. Зависимость погружения цилиндра от времени при $l_c = 1$ м, $H = 200$ м, $\eta = 0.005$, $t_0 = 20$ с

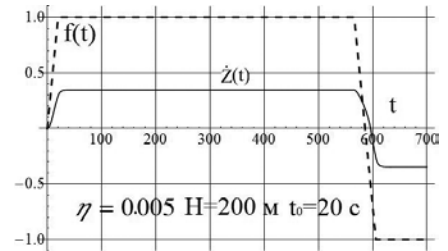


Рис. 14. Зависимость скорости погружения цилиндра от времени при $l_c = 1$ м, $H = 200$ м, $\eta = 0.005$, $t_0 = 20$ с.

В ходе расчетов определялось полное время погружения, которое для всех значений η , приведенных в табл. 1 практически не отличалось от t_{Σ} .

ВЫВОДЫ

Предложен метод оценки полного времени вертикального погружения аппарата вдоль оси симметрии с определением вкладов времени ускорения, времени равномерного движения и времени торможения. Одновременно, проведены оценки длины соответствующих участков: разгона, установившегося погружения и торможения. В предположении мгновенного изменения плавучести найдены аналитические решения. Произведен учет конечности времени изменения плавучести. Результаты могут быть полезны при проектировании подводных глайдеров, «ныряющих» буйев и систем их автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожемякин И. В., Потехин Ю. П., Рождественский К. В., Рыжов В. А., Смольников А. В., Ткаченко И. В., Фрумен А. И. Подводные глайдеры: эффект рыбьего пузыря, // «Морские интеллектуальные технологии». – 2012. – № 4 (18). С. 3–9.
2. Кожемякин И. В., Рождественский К. В., Рыжов В. А., Смольников А. В., Татаренко Е. И. Механизмы изменения плавучести, дифферента и крена подводных глайдеров (краткий обзор литературы), Тр. СПбГМТУ // Морской вестник. – 2012. – Спец. вып. № 1 (10). – С. 112–116.
3. Краснодарец Л. А., Забурдаев В. И., Альчаков В. В. Управление морскими буйами-профилемерами как метод повышения репрезентативности термохалинных измерений. Модели движения, // Морской гидрофизический журнал. – 2012. – № 4. – С. 69–79.
4. James N. Design of a Buoyancy Engine for an Underwater Vehicle/National Research Council of Canada, Institute for Ocean Technology, Laboratory Memorandum LM-2004-12, April 2004, 45 с. ■

Под управляемостью судна будем понимать его способность двигаться по выбранной судоводителем траектории с заданными наперед кривизной или радиусом. Маневренностью судна будем называть его способность менять элементы движения с некоторой достижимой для него скоростью. Управляемость судна обеспечивается средствами управления достаточной эффективностью. Маневренность обеспечивается, кроме того, эффективным законом угла перекладки рулей с учетом начальных условий маневра. Если мерой управляемости судна служит угловая скорость вращения на установившейся циркуляции при определенном угле перекладки рулей, то можно сказать, что мерой маневренности должно являться угловое ускорение при определенном законе изменения угла перекладки рулей.

Ситуации замедления изменения угловой скорости и случаи невыхода судна из установившейся циркуляции представляют научный интерес для оценки маневренных свойств судна при знакопеременных перекладках рулей с изменением знака и значения угловой скорости вращения. К маневрам, для совершения которых требуются неоднократные знакопеременные перекладки рулей на значительные углы, можно отнести:

- 1) движение по сложному извилистому судовому ходу;
- 2) оборот, одерживание;
- 3) расхождение судов на встречных курсах и при угрозе столкновения;
- 4) различные операции в открытом море (например, швартовки на ходу).

Во всех случаях движения судна по сложной траектории судоводитель не может точно установить момент начала перекладки рулей, назначить величину угла перекладки, чтобы одной перекладкой рулей достичь желаемых результатов. Требуется неоднократное выполнение корректирующих знакопеременных перекладок рулей для успешного выполнения маневра. Каждый такой маневр судна включает начальные условия, эволюционное изменение параметров движения после перекладки рулей и продолжение дальнейших действий судоводителя при движении судна по судовому ходу. В ряде случаев возможно ухудшение маневренности, например, *неприемлемо малое значение углового ускорения при сохранении значительной угловой скорости прежнего направления приводит к чрезмерным отклонениям судна по курсу и поперечным смещениям.*

Знакопеременные маневры судна по способу реагирования судоводителя на изменение параметров движения можно разделить на такие виды:

- 1) перекладка рулей α_p , осуществляемая по отклонению траектории движения ξ , η (главным образом кривизны траектории Ω) относительно линии судового хода: $\xi \neq \xi_{cx}$; $\eta \neq \eta_{cx}$; $\Omega \neq \Omega_{cx}$;
- 2) перекладка рулей, осуществляемая по условию превышения угла курса χ сверх допустимого χ_0 : $|\chi| > \chi_0$;
- 3) смешанный способ.

Первый способ выполняется при движении судна по извилистому судовому ходу с переменной по величине и знаку кривизной; второй способ – при движении судна на прямолинейном курсе. Смешанный способ применяется при выполнении сложных маневров.

Вначале рассмотрим действия судоводителя в первом случае. Судоводитель при *глазомерном способе управления* назначает углы перекладки рулей, ориентируясь на кривизну траектории Ω_{cx} и диаграмму управляемости судна: $\Omega = \bar{\omega}(\alpha_p) \approx \Omega_{cx}$.

В качестве расчетного базового маневра примем циркуляцию при максимальном угле перекладки рулей и выход из нее с намерением продолжения движения прямым курсом. При

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАНЕВРЕННОСТИ СУДНА ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ПЕРЕКЛАДКАХ РУЛЕЙ

А.Б. Ваганов, д-р техн. наук, проф.,

А. С. Костюнин, аспирант, Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева, контакт. тел. +7 904 048 5887

выполнении такого маневра кроме установившейся циркуляции можно выделить период одерживания и в последующем знакопеременные корректирующие перекладки рулей. Величины корректирующих перекладок рулей зададим малыми, незначительно превосходящими критический угол перекладки. Протяженность эволюционных участков траектории будем выдерживать до наступления установившейся циркуляции. Таким способом получаем переходы судна из установившихся знакопеременных циркуляций, которые определяются только значением угла перекладки рулей, и на такие маневры не оказывают влияние психофизические особенности рулевого (рис. 1 и 2). Оценим потенциальную опасность ухудшения маневренности судна при данных действиях судоводителя.

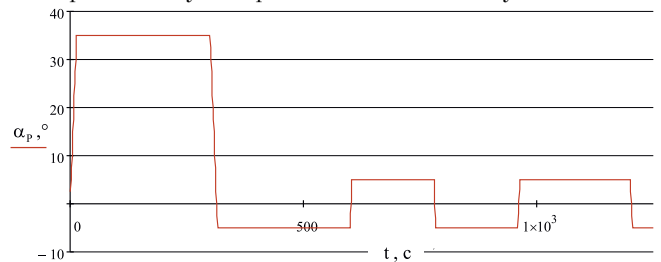


Рис. 1. Перекладка рулей при управлении по отклонениям траектории

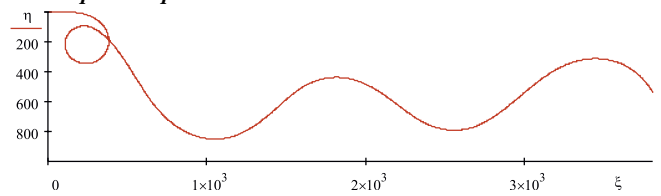


Рис. 2. Траектория движения судна

Такие маневры, как показано в [9], можно охарактеризовать с помощью графических построений на диаграмме управляемости (рис. 3).

Линии на рис. 3 показывают *стремление* параметров движения при различных углах перекладки рулей и различных начальных условиях движения к устойчивому вращательному режиму движения, определяемому соответствующими точками V_4 и V_7 на диаграмме управляемости.

Спрогнозируем возможное ухудшение маневренности судна при знакопеременных перекладках рулей с помощью математической модели управляемости судна, для которой примем некоторые допущения. Поскольку при маневрировании главным является вращение судна вокруг вертикальной оси, эффективность управляющего воздействия будем оценивать по изолированному третьему уравнению системы дифференциальных уравнений управляемости [1, 2, 4, 6–8]:

$$\begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= \frac{1}{(m + \lambda_{11})} [N_x + (m + \lambda_{22})v_y \omega + \lambda_{26}\omega^2]; \\ \frac{dv_y}{dt} &= \frac{1}{(m + \lambda_{22})} \left[N_y - \lambda_{26} \frac{d\omega}{dt} - (m + \lambda_{11})v_x \omega \right]; \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{(J_{zz} + \lambda_{66})} \left[M_z - \lambda_{26} \frac{dv_y}{dt} + (\lambda_{22} - \lambda_{11})v_x v_y - \lambda_{26}v_x \omega \right]; \quad (1) \end{aligned}$$

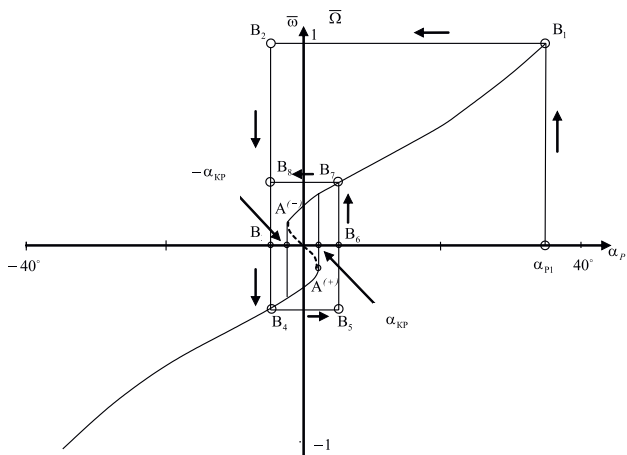


Рис. 3. Графическое отображение знакопеременного маневра

$$\frac{d\chi}{dt} = \omega; \quad \frac{d\xi}{dt} = v \cdot \cos \chi_v; \quad \frac{d\eta}{dt} = v \cdot \sin \chi_v;$$

$$\frac{d\bar{n}_i}{dt} = \mu_{0i}(M_{Di} - M_{Bi}), i = 1, 2, \dots, z_B.$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}; \quad \beta = -\arcsin \frac{v_y}{v}; \quad \bar{\omega} = \frac{\omega L}{v}; \quad \bar{v} = \frac{v}{v_0}; \quad \chi_v = \chi - \beta.$$

Проекция главного вектора и главного момента внешних сил определяются в следующем виде:

$$N_x = X_K + \sum_{i=1}^{z_B} T_i + \sum_{j=1}^{n_p} P_{X_j}; \quad N_y = Y_K + \sum_{i=1}^{z_B} Q_i + \sum_{j=1}^{n_p} P_{Y_j}; \quad (2)$$

$$M_z = M_K + \sum_{j=1}^{n_p} (P_{Y_j} L_{P_j} - P_{X_j} b_{P_j}) - \sum_{i=1}^{z_B} (T_i b_{B_i} - Q_i L_{B_i}).$$

В уравнениях (2) приняты обозначения: i – номер движителя; j – номер главного средства управления; z_B – число движителей; n_p – число главных средств управления; L_{B_i} , b_{B_i} – продольная и поперечная координаты i -го движителя; L_{P_j} , b_{P_j} – продольная и поперечная координаты j -го главного средства управления.

Внешние силы классифицируем по их физической природе в следующей последовательности:

– гидродинамические силы на корпусе судна неинерционной природы X_K, Y_K, M_K ;

– гидродинамические силы движителей T_i, M_{B_i}, Q_i ($i = 1, 2, \dots, z_B$);

– гидродинамические силы главных средств управления P_{Y_j}, P_{X_j} ($j = 1, 2, \dots, n_p$).

Анализ системы уравнений движения (1) и выражений (2) для определения проекций главного вектора \bar{N} и момента \bar{M} внешних сил позволяет отметить следующие способы управления движением судна.

В продольном направлении активная роль принадлежит полезной тяге движителей, а остальные продольные силы играют пассивную роль «помехи».

В поперечном направлении активными являются силы $\sum P_{Y_j}$. Однако в ходовом режиме они уступают пассивной силе Y_K на корпусе и проекции центробежной силы инерции корпуса: $\{-\lambda_{26} \frac{d\omega}{dt} - (m + \lambda_{11}) v_x \omega\}$. Поэтому в ходовом режиме движения управление по поперечной координате осуществляется путем создания необходимого угла дрейфа корпуса, обеспечивающего силе Y_K требуемое направление и величину.

Управляемое вращательное движение судна обеспечивается активной ролью нагрузок: $\sum P_{Y_j} L_{P_j}$; $\sum T_i b_{B_i}$. Остальные компоненты внешней нагрузки пассивные. В соответствии с этим в качестве управляющих будем рассматривать только активные силы.

В уравнениях (1) гидродинамический момент на корпусе судна равен сумме позиционного M_K^{Π} и демпфирующего M_K^{Δ} моментов. Для неустойчивых на курсе судов знак пози-

ционного момента совпадает со знаком угла дрейфа β . Знак демпфирующего момента противоположен знаку угловой скорости вращения ω .

Гидродинамический момент движительно-рулевых комплексов определим так [1, 2]:

$$M_P = M_{P_0} \cdot p_{vn} \cdot (\alpha_p - \beta_p); \quad M_{P_0} = \sum_{j=1}^{n_p} P_{P_0} \cdot L_P; \quad (3)$$

$$p_{vn} = (p_{11} \bar{v}^2 + p_{12} \bar{v}_p \bar{n} + p_{13} \bar{n}^2).$$

Здесь M_{P_0} – номинальное значение рулевого момента; P_{P_0} – номинальное значение рулевой силы; p_{vn} – коэффициент, учитывающий изменение скорости корпуса и частоты вращения гребного винта; α_p – задаваемый угол перекладки руля; p_{11}, p_{12}, p_{13} – коэффициенты аппроксимации рулевой силы [1, 4]; β_p – потерянный угол атаки руля, равный [6, 7]:

$$\beta_p = \chi_K \chi_B \cdot \beta + \chi_K \chi_B \cdot \bar{L}_p \bar{\omega}. \quad (4)$$

Гидродинамический момент на корпусе судна определим в рамках линейной теории управляемости (примечание: это только для понимания сути преобразований):

$$M_K^{\Pi} = M_{K_0}^{\Pi} \cdot \beta; \quad M_K^{\Delta} = -M_{K_0}^{\Delta} \cdot \bar{\omega}; \quad (5)$$

$$M_K = M_K^{\Pi} + M_K^{\Delta} = M_{K_0}^{\Pi} \cdot \beta - M_{K_0}^{\Delta} \cdot \bar{\omega}.$$

Общее управляющее воздействие оценим в виде результирующего гидродинамических моментов на корпусе судна и рулях:

$$M_P^{\Phi} = M_P + M_K^{\Pi} + M_K^{\Delta} = M_{P_0} \cdot p_{vn} \cdot (\alpha_p - \beta_p) + M_{K_0}^{\Pi} \cdot \beta - M_{K_0}^{\Delta} \cdot \bar{\omega} =$$

$$= M_{P_0} \cdot p_{vn} \cdot \left(\alpha_p - \chi_K \chi_B \beta - \chi_K \chi_B \bar{L}_p \bar{\omega} + \frac{M_{K_0}^{\Pi}}{M_{P_0} \cdot p_{vn}} \beta - \frac{M_{K_0}^{\Delta}}{M_{P_0} \cdot p_{vn}} \bar{\omega} \right) =$$

$$= M_{P_0} \cdot p_{vn} (\alpha_p - \beta_p^{\Phi}).$$

Назовем величину β_p^{Φ} эффективным потерянным управляющим воздействием, которое равно

$$\beta_p^{\Phi} = \beta_p - \frac{M_{K_0}^{\Pi}}{M_{P_0} \cdot p_{vn}} \beta + \frac{M_{K_0}^{\Delta}}{M_{P_0} \cdot p_{vn}} \bar{\omega}. \quad (7)$$

Эффективный угол атаки руля

$$\alpha_p^{\Phi} = \alpha_p - \beta_p^{\Phi} \quad \text{или} \quad \alpha_p = \alpha_p^{\Phi} + \beta_p^{\Phi}, \quad (8)$$

при котором оказывается эффективное или действующее управляющее вращательное воздействие на корпус судна.

Тогда дифференциальное уравнение вращения судна принимает вид

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{P_0} \cdot p_{vn}}{(J_{ZZ} + \lambda_{66})} \cdot \alpha_p^{\Phi}. \quad (9)$$

Угловое ускорение будет равно нулю при равенстве

$$\alpha_p^{\Phi} = 0 \quad \text{или} \quad M_P + M_K^{\Pi} + M_K^{\Delta} = 0. \quad (10)$$

Равенства (10) выполняются на кривой $\bar{\omega}(\alpha_p)$ диаграммы управляемости. В других точках поля диаграммы управляемости свободное судно должно совершать вращение с ускорением. Кривую $\bar{\omega}(\alpha_p)$ можно использовать при геометрической иллюстрации знакопеременного маневра судна в качестве нулевой линии отсчета эффективного угла α_p^{Φ} атаки руля, откладываемого в виде отрезка в сторону текущей перекладки. Перекладку рулей будем полагать мгновенной.

Отметим: угол α_p определяет уровень задаваемого управляющего воздействия и отсчитывается от нуля угла шкалы рулевой машины; угол β_p^{Φ} определяет величину потерянному управляющего воздействия из-за потерянному угла атаки руля β_p и действия моментов M_K^{Π} и M_K^{Δ} на корпусе. Эффективный угол атаки руля откладывается на кривой $\bar{\omega}(\alpha_p)$ от точки B_1 в сторону второй перекладки руля α_{p2} .

На кривой $\bar{\omega}(\alpha_p)$ выполняется условие динамического равновесия

$$M_P^{\Phi} = M_{P_0} + M_K^{\Pi} + M_K^{\Delta} = M_{P_0} \cdot p_{vn} (\alpha_p - \beta_p^{\Phi}) = 0. \quad (11)$$

Следовательно, на самой диаграмме управляемости

$$\beta_p^{\Phi} = \alpha_{p1}; \quad \alpha_p^{\Phi} = 0. \quad (12)$$

Множитель $\frac{1}{(J_{zz} + \lambda_{66})} \cdot M_{p0} \cdot p_{in} \approx \text{const}$, или, точнее, будет медленно меняющимся пропорционально изменению линейной скорости движения судна функцией времени. Отсюда следует, что угловое ускорение $d\omega/dt$ будет изменяться в основном пропорционально $\alpha_p^{\text{эф}}$. При одерживании судно с течением времени будет замедлять вращение ($\alpha_p^{\text{эф}} < 0$), двигаясь из точки B_2 в точку B_3 . Угловая скорость и угол дрейфа уменьшаются, вследствие чего изменяется значение $\beta_p^{\text{эф}}$ и уменьшается $\alpha_p^{\text{эф}}$, достигая в точке $A^{(-)}$ минимума. Следовательно, угловое ускорение $d\omega/dt$ в окрестности точки $A^{(-)}$ также будет иметь минимум. При приближении $\alpha_{p2} \rightarrow -\alpha_{\text{кр}}$, угол $\alpha_p^{\text{эф}} \rightarrow 0$, $d\omega/dt \rightarrow 0$; $\bar{\omega} = \bar{\omega}_A$ – угловая скорость, которая имеет конечное значение со знаком прежнего направления.

Таким образом, происходит *останов* судна по ускорению вращения или *потеря судном маневренности*.

В качестве примера, иллюстрирующего маневр «одерживание» грузового судна водоизмещением 5000 т, выполнены расчеты с использованием разработанной в ходе проведения исследования программы для ПК [3].

Первый угол перекладки рулей $\alpha_{p1} = 35^\circ$ был принят постоянным. По достижении режима установившейся циркуляции выполнялась обратная перекладка рулей на разные углы.

На графиках рис. 4 и 5 приведены зависимости $\alpha_p^{\text{эф}}(t)$ и $d\omega/dt(t)$, $\omega(t)$, рассчитанные в ходе маневра при $\alpha_{p2} = -3^\circ$, близкого к критическому углу перекладки. Характер этих графиков убедительно подтверждает ранее сделанные выводы о существовании зоны пониженной маневренности для неустойчивого на курсе судна.

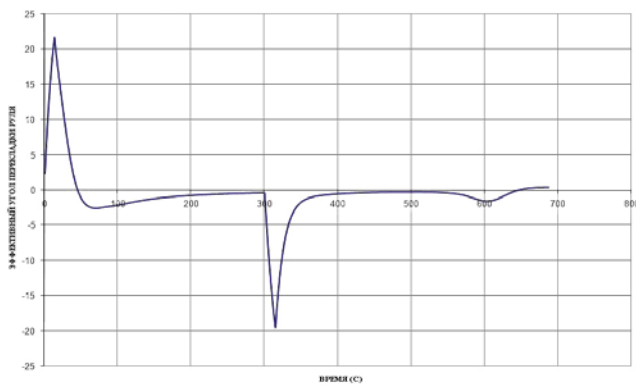


Рис. 4. Зависимость эффективного угла перекладки руля $\alpha_p^{\text{эф}}$ от времени

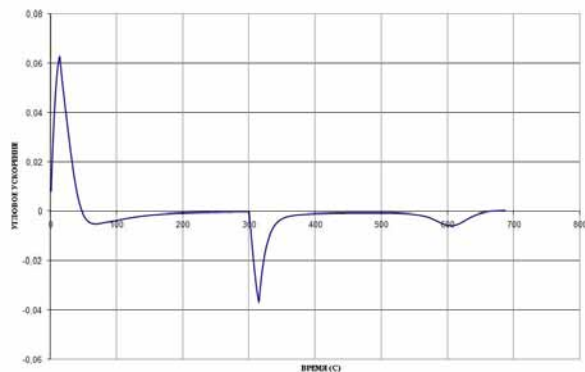


Рис. 5. Зависимость углового ускорения $d\omega/dt$ от времени

Большими значениями $\alpha_{\text{кр}}$ можно объяснить случаи замедленного выхода или даже невыхода судна из циркуляции, описанные Р. Я. Першицем [6] и другими исследователями [5, 9]. Это относится прежде всего к судам, имеющим значительную величину критического угла перекладки рулей и значительную величину относительной кривизны траектории при непереложном руле $\bar{\Omega}_0$.

Ситуация ухудшения маневренности повторяется при третьей перекладке во время движения судна из точки B_5 в точку B_7 . Степень снижения маневренности зависит от превышения углов перекладки α_{p2} , α_{p3} над критическим углом $\alpha_{\text{кр}}$.

Представляет интерес выделение на поле диаграммы управляемости зоны возможного ухудшения маневренности судна при знакопеременных перекладках рулей.

Обратим внимание на вторую критическую точку $K_2(\bar{\omega}_{\text{кр}2})$ диаграммы управляемости, показанную для этого судна на рис. 6. В этой точке равен нулю и рулевой момент M_p по причине ($\alpha_p = \beta_p$). Судно совершает самопроизвольную циркуляцию, но как бы без руля, с угловой скоростью $\bar{\omega}_{\text{кр}2}$. При этом будут выполняются такие условия:

$$\alpha_p = \beta_p; M_p = 0; M_K^{\text{II}} = -M_K^{\text{I}} \text{ или } M_K^{\text{II}} + M_K^{\text{I}} = 0. \quad (13)$$

При фиксированном $\beta(\alpha_p)$ для каждого угла перекладки можно определить значение $\bar{\omega}$, при котором выполняется условие (13) и для всех других углов перекладки. Получим диаграмму «вторых критических точек $\bar{\omega}(\alpha_p)$ », которую также нанесем на диаграмму управляемости.

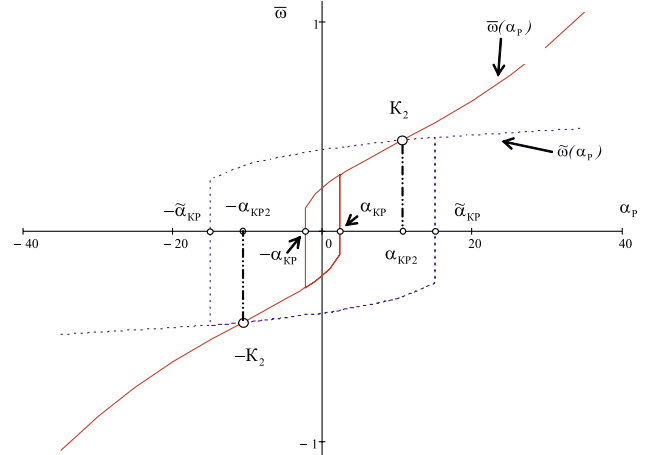


Рис. 6. Диаграммы управляемости судна $\bar{\omega}(\alpha_p)$ и $\omega(\alpha_p)$

Диаграмму $\bar{\omega}(\alpha_p)$ можно также рассчитать при помощи системы уравнений движения (1). Отметим, что управляющее воздействие рулей идет по двум каналам: через рулевой момент M_p в третьем уравнении и через поперечную рулевую силу $\sum P_y$ во втором уравнении по такой цепочке:

$$\{\sum P_y - \lambda_{26} \frac{d\omega}{dt} + Y_K - (m + \lambda_{11}) v_x \omega\} \rightarrow \frac{dv_y}{dt} \rightarrow v_y \rightarrow \beta \rightarrow M_K^{\text{II}} \rightarrow \bar{\omega}. \quad (14)$$

Если при помощи добавочного момента $M_{\text{доп}} = -M_p$ скомпенсировать рулевой момент, то получим управление вращательным движением судна только через рулевую силу, приложенную в центре масс корпуса. Изменение $\sum P_y$ можно осуществлять перекладкой руля. Варьируя угол α_p , также получаем диаграмму $\bar{\omega}(\alpha_p)$. На рис. 7 изображена траектория судна при выполнении маневров циркуляция и выход из циркуляции при управлении силой $\sum P_y$.

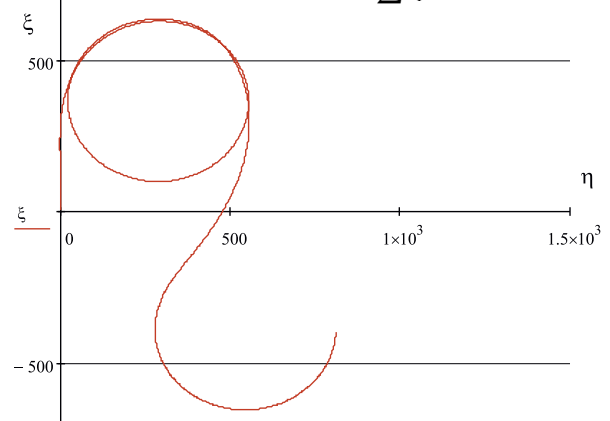


Рис. 7. Циркуляция судна при управлении силой $\sum P_y$

Можно сделать вывод, что кривая $\tilde{\omega}(\alpha_p)$ является границей на поле диаграммы управляемости, разделяющей зоны преобладания позиционного момента над демпфирующим (область ниже кривой в положительной части углов перекадки), и зоны преобладания демпфирующего момента над позиционным моментом (область выше кривой в положительной части углов перекадки).

При $\bar{\omega} < \tilde{\omega}$ преобладает позиционный момент на корпусе, и результирующий момент корпуса $\delta M_K = M_K^П + M_K^Д$ будет направлен в сторону прежнего вращения корпуса. При $\bar{\omega} > \tilde{\omega}$ преобладает демпфирующий момент на корпусе, результирующий момент будет направлен в противоположную вращению корпуса сторону.

В обоих случаях рулевой момент должен будет компенсировать избыточный момент корпуса. Поэтому при $\alpha_p \leq \alpha_{КР2}$ руль оказывает одерживающее воздействие на судно, а при $\alpha_p > \alpha_{КР2}$ – поворачивающее воздействие на корпус. На кривой $\tilde{\omega}(\alpha_p)$ все значение M_p затрачивается на компенсацию избыточного момента корпуса.

Таким образом, зона возможного ухудшения маневренности судна располагается ниже кривой $\tilde{\omega}(\alpha_p)$, где имеет место преобладание позиционного момента корпуса над демпфирующим моментом. Протяженность этой области определяется значением критического угла перекадки $\tilde{\alpha}_{КР}$, который значительно больше угла $\alpha_{КР1}$. Для судна из примера угол $\tilde{\alpha}_{КР} = 15^\circ$.

Отсюда следует: область пониженной маневренности данного судна простирается достаточно далеко от критического угла $\alpha_{КР}$, и судоводитель для уверенного маневрирования судна при знакопеременной перекадке должен ориентироваться на значение $\alpha_p = \pm \tilde{\alpha}_{КР}$, т.е. из-за неблагоприятных внешних условий может быть скомпенсирован рулевой момент. Это значит, что первый критический угол перекадки может возрасти с $\alpha_{КР}$ до $\tilde{\alpha}_{КР}$ (например, с $\alpha_{КР} = 2,3^\circ$ до $\tilde{\alpha}_{КР} = 15^\circ$). Судоводитель должен знать аналогичные характеристики своего судна и назначать перекадку руля с запасом и быть готовым переложить руль на угол, превышающий $\tilde{\alpha}_{КР}$.

Представляет интерес фазовая траектория $\beta = f(\bar{\omega})$ при выполнении рассматриваемого знакопеременного маневра, представленная на рис. 8.

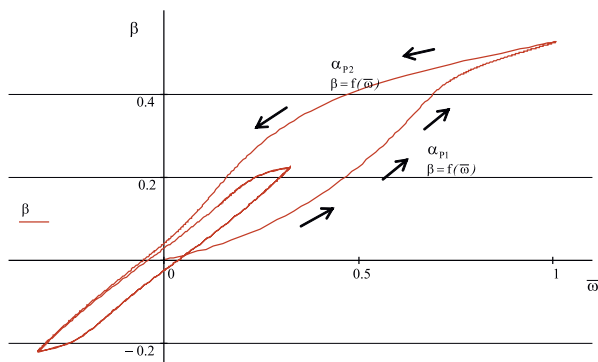


Рис. 8. Фазовая траектория знакопеременного маневра $\beta = f(\bar{\omega})$

При первой перекадке рулей на угол α_{p1} и затем в период одерживания при $\alpha_p = \alpha_{p2}$ линии фазы существенно различаются. На этапе одерживания (α_{p2}) линия угла дрейфа $\beta = f(\bar{\omega})$ проходит заметно выше аналогичной линии первого эволюционного периода, что говорит о возрастании сопротивления одерживанию корпуса позиционным моментом.

С целью обнаружения зоны ухудшения маневренности в декабре 2010 г. проводились испытания на морском контейнерном судне «Laura Schulte» в Атлантическом океане.

Испытания проводились при перекадках руля $\alpha_{p1} = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 15^\circ$ следующим образом: на движущемся судне руль перекадывался на правый борт на α_{p1} , после ухода судна с первоначального курса на 5° вправо руль перекадывался на левый борт на $\alpha_{p2} = -\alpha_{p1}$, судно поворачивалось на 5° влево относительно первоначального курса, и руль снова перекадывался вправо на то же значение, что и в начале испытания (α_{p1}). Испытание останавливалось по возвращении судна на первоначальный курс.

По результатам испытаний строились графики зависимости угла курса от времени и угла перекадки руля от времени $\chi = f(t)$, $\alpha_p = f(t)$, затем в программе MathCad подбирались 8- или 10-степенной полином, огибающий график функции $\chi = f(t)$, далее брались первая и вторая производные полинома, т.е. строились графики $\omega = f(t)$ и $d\omega/dt = f(t)$.

Особенно хорошо можно различить зону ухудшения маневренности на графике зависимости углового ускорения судна от времени $d\omega/dt = f(t)$.

На рис. 9 показан график $d\omega/dt = f(t)$ для угла перекадки $\alpha_p = 4^\circ$.

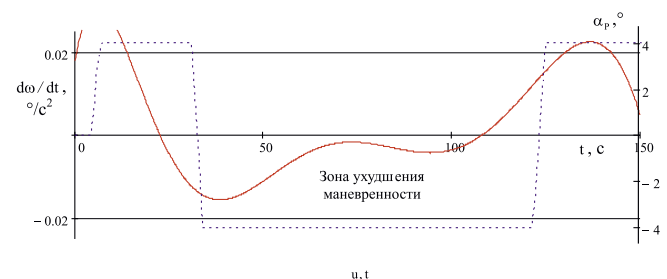


Рис. 9. Зависимость углового ускорения морского судна от времени при $\alpha_p = 4^\circ$

По результатам испытаний можно сделать вывод: чем меньше угол перекадки руля, тем больше зона ухудшения маневренности. То есть данное судно с небольшим первым критическим углом перекадки руля имеет хорошо выраженную зону ухудшения маневренности, которая может оказать влияние на безопасность судовождения. Наличие данной зоны должно учитываться судоводителем при маневрировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов А.Б. Расчет управляемости катамаранов. Мат-лы по обмену опытом. – Проблемы гидродинамики судов внутреннего плавания. Л., НТО СП им. акад. А. Н. Крылова, 1978. – 14 с.
2. Ваганов А.Б. Методика расчета управляемости и обоснование характеристик движительно-рулевого комплекса катамарана. – Республ. межвед. науч.-техн. сб. «Судостроение». – Киев – Одесса, 1978, вып. 27, 8 с.
3. Ваганов А.Б., Гуров П.В., Костюшин А.С., Рябишина И.А. Анализ управляемости судна при выполнении зигзагообразных маневров. – Мат-лы Всерос. науч.-техн. конфер. «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве, НГТУ, Н. Новгород, 2009, с. 131–134.
4. Васильев А.В. Управляемость судов. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
5. Видецкий А.Ф. Технич.-эксплуатационные качества судов смешанного плавания. – М.: Транспорт, 1974. – 272 с.
6. Першиц Р.Я. Управляемость и управление судном. – Л.: Судостроение, 1983. – 272 с.
7. Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения. – Л.: Судостроение, 1980. – 477 с.
8. Соларев Н.Ф. Безопасность маневрирования судов и составов. – М.: Транспорт, 1980. – 215 с.
9. Feigin M.I., Kagan M.A. Emergencies as a manifestation of the effect of bifurcation memory in controlled unstable systems // International J. of Bifurcation and Chaos. – 2004. – Vol. 14. – №. 7. – P. 2439–2447. ■

Изучение дифракционных явлений имеет большое практическое значение для расчетов прочности конструкций и определения внешних сил, возникающих при воздействии ударных волн подводных взрывов на эти конструкции. Математический анализ дифракционных задач впервые был выполнен Кирхгофом. Б.В. Замышляев и Ю.С. Яковлев исследовали взаимодействие подводной ударной волны с абсолютно жесткими преградами [1, 2].

Обращаясь к качественному описанию процесса дифракции, следует воспользоваться принципом Гюйгенса, состоящим в том, что каждая точка волны либо поверхности, с которой волна взаимодействует, может рассматриваться как элементарный источник волновых возмущений. Пользуясь этим представлением, нетрудно построить фронты отраженной и дифракционных волн, а иногда и наметить общие пути решения задачи. Из закона сохранения массы следует, что если в поле волны образовалась по тем или иным причинам зона с давлением, превышающим давление в свободно распространяющейся волне, то обязательно должна образоваться также зона с пониженным давлением [1, стр. 110].

Математически этот факт выражается зависимостью

$$\int_{V_1} \Delta p_1 dV = \int_{V_2} \Delta p_2 dV, \quad (1)$$

где Δp_1 и Δp_2 – приращения давления в областях V_1 и V_2 по сравнению с давлением в свободно распространяющейся волне.

В некоторых случаях распределение давлений в областях V_1 и V_2 симметричны. Тогда равенство (1) можно применить к любой паре симметрично расположенных элементов объема, для которых $\Delta p_1 = \Delta p_2$.

Б.В. Замышляев рассмотрел симметричный случай с дифракцией плоской волны BB подводного взрыва около отверстия в жесткой стенке. Волна распространяется параллельно плоскому жесткому экрану с небольшим отверстием в точке O (рис. 1):

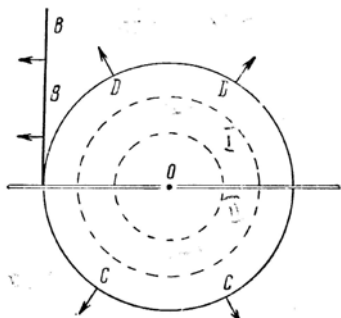


Рис. 1. Дифракция плоской волны подводного взрыва около отверстия в жесткой стенке

О ДИФРАКЦИОННЫХ ВОЛНАХ НАПРЯЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ОТВЕРСТИЙ В БАЛКАХ И ПЛАСТИНАХ

А. В. Натухин,
контакт. тел. 8 906 266 33 53

Тогда по другую сторону экрана образуется дифракционная волна с цилиндрической симметрией с центром в точке O и фронтом CC . Соответственно понизится давление в поле плоской волны (в области DDO), что можно представить, как результат появления в точке O отрицательного источника такой же интенсивности. Таким образом, отверстие O является источником возмущения для нижнего полупространства и стоком для верхнего. Распределение давлений в областях DDO и CCO будет симметричным в произвольный момент времени [1, с. 111].

Полезность использования принципа Гюйгенса можно проиллюстрировать также на примере падения плоской волны подводного взрыва под углом ϑ на неподвижный жесткий полубесконечный клин с углом раствора 2α (рис. 2). Как только прямая волна коснется ребра (точки O), она как бы начнет разрезаться им. Одна ее часть пройдет вперед (прямая волна AB), другая (прямая волна FN) отразится от нижней грани (отраженная волна EF). Сформируется область дифракции $CBKED$. Точка O станет источником новых возмущений, связанных с затеканием прямой волны в теньевую зону преграды. Фронт этих возмущений легко строится по принципу Гюйгенса и представляет собой окружность с центром в точке O . Эта картина, качественно не меняясь с течением времени, увеличивается в масштабе. Дифракционная волна, распространяясь по области прямой и отраженной волн, меняет поле давления [1, стр. 112].

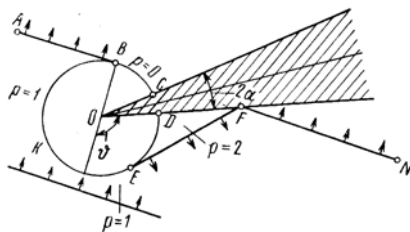


Рис. 2. Дифракция плоской волны подводного взрыва около жесткого клина

Растяжение бесконечной пластины конечной ширины со щелью. Рассмотрим бесконечную пластину конечной

ширины B с полубесконечной щелью OM небольшой ширины δ (рис. 3). Пластина растягивается равномерно распределенной нагрузкой интенсивности q . Когда плоская прямая волна достигнет конца щели (точки O), начнет образовываться область дифракции (круг дифракции). Чтобы компенсировать напряжения на свободных краях щели от прямой волны растяжения, следует к точке O приложить сжимающую силу $P = q\delta$.

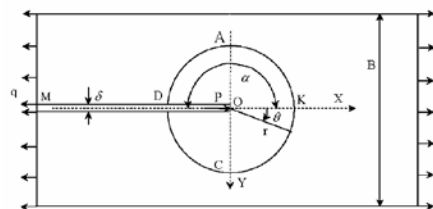


Рис. 3. Бесконечная пластина конечной ширины B с полубесконечной щелью OM

Для определения напряжений в кругу дифракции $AKCD$ можно рассматривать круг дифракции как полубесконечный клин с углом раствора $2\alpha = 360^\circ$. Клин нагружен силой $P = q\delta$ в его вершине. Сила $P = q\delta$ приложена вдоль оси клина. Тогда в любой момент времени компоненты напряжений на фронте дифракционной волны [3, с. 124, 158]

$$\sigma_r = -\frac{k(q\delta)\cos\theta}{r}, \quad \sigma_\theta = \tau_{r\theta} = 0, \quad (2)$$

где r – радиус круга дифракции; θ – полярный угол, измеряемый от направления силы. Коэффициент

$$k = \frac{1}{\alpha + 0,5\sin 2\alpha} = \frac{1}{\pi}. \quad (3)$$

Так как дифракционная волна скользит вдоль щели OM , нормальные и касательные напряжения $\sigma_\theta = \tau_{r\theta} = 0$. Следовательно, больше дифракционных волн образовываться не будет. Напряженное состояние бесконечной пластины со щелью OM будет складываться из растягивающих напряжений q и напряжений в кругу дифракции $AKCD$. Это напряженное состояние получено в ходе рассмотрения прохождения плоской волны вдоль щели OM с образованием дифракционной волны в точке O . Статическое положение образуется, когда радиус круга дифракции $r = \infty$.

Мы получили симметричное распре-

деление напряжений в областях $OAKC$ и $OADC$ круга дифракции $ADCK$. В области $OAKC$ действуют сжимающие дифракционные напряжения, а в области $OADC$ – растягивающие дифракционные напряжения.

Дифракционный волновой метод. Г.Н. Савин исследовал распределение напряжений около отверстий в пластинах при статическом их растяжении [4]. Экспериментальным исследованием задачи о концентрации напряжений в пластинах конечной ширины с прямоугольными вырезами занимался В.С. Гарбуз [5] Это исследование он выполнил на крупномасштабных моделях из органического стекла. Полученные результаты могут быть использованы при определении статических напряженных состояний палуб судов в районе углов грузовых люков.

Г. Кольский проводил опыты с образцами из прозрачных твердых материалов [6, с. 1 и 172]. Было показано, что из элементарного источника волновых возмущений распространяется динамическая падающая волна с цилиндрической симметрией со скоростью волны расширения c_1 . Фотографии распространения динамических падающих и отраженных волн в квадратной пластинке из перспекса в моменты времени $t_1 = 10,5$ мкс, $t_2 = 21,7$ мкс, $t_3 = 34,3$ мкс и $t_4 = 47,3$ мкс после подрыва заряда на верхней кромке пластинки приведены в [6, с. 1; 8, с. 95].

В стальных бесконечных телах скорости распространения волны расширения $c_1 = 5940$ м/с и волны искажения $c_2 = 3220$ м/с [6, с.182].

При взаимодействии падающей волны со свободными кромками твердых тел (балки или пластины) из элементарных источников волновых возмущений на свободных кромках будут распространяться отраженные волны с цилиндрической симметрией со скоростью волны расширения c_1 . В первом приближении можно не учитывать при отражении импульсы искажения в расчетах напряженных состояний балок [7, 10].

Если в рассматриваемой напряженной плоскости сделать отверстие, то изменится распределение напряжений в ней. Новое напряженное состояние будет суммой напряженного состояния плоскости, не ослабленной отверстием, и дополнительных компонентов напряжений, возникающих из-за наличия отверстия [4]. Эти дополнительные компоненты напряжений возникнут из-за излучения элементарными источниками волновых возмущений на кромках отверстия отраженных волн с цилиндрической симметрией. Если в балке имеется отверстие прямоугольной формы, то из угловых точ-

ек отверстия будут распространяться дифракционные волны. Из остальных элементарных источников волновых возмущений на прямолинейных кромках отверстия, где мы компенсируем нормальные и касательные напряжения на фронте падающей волны, прикладывая равные противоположно направленные силы, будут излучаться отраженные волны. Эти силы можно рассматривать как силы, приложенные к кромке полубесконечной пластинки [8–11]. Тогда напряжения на свободных кромках балки при взаимодействии их с отраженными волнами от кромок отверстия определяются зависимостями

$$\sigma_{1r}(m, S_m) = \frac{2\sigma_y(n, S_n) \cdot \delta \cdot \cos\theta}{\pi \cdot S_{n,m}} \quad \text{и}$$

$$\sigma_{2r}(m, S_m) = \frac{2\tau_{xy}(n, S_n) \cdot \delta \cdot \cos\theta_1}{\pi \cdot S_{n,m}}, \quad (4)$$

где θ и θ_1 – полярные углы, отсчитываемые от направления соответственно нормальной и касательной силы; $S_{n,m}$ – расстояние между источником номер n на кромке отверстия и точкой номер m на свободных кромках балки; S_n – расстояние от точки приложения внешней силы на свободной кромке балки до элементарного источника номер n на свободной кромке отверстия; δ – расстояние между элементарными источниками волновых возмущений на кромках отверстия и балки.

Суммарное расстояние, пробегаемое волной, $S_m = S_n + S_{n,m}$.

Вместо времени t мы рассматриваем пробегаемое волной расстояние $S = c_1 \cdot t$.

В каждой угловой точке (номер n_k прямоугольного отверстия) определяем нормальные напряжения $\sigma_x(n_k, S_n)$ и $\sigma_y(n_k, S_n)$ и касательное напряжение $\tau_{xy}(n_k, S_n)$. Для определения напряжений в кругу дифракции можно рассматривать круг дифракции как полубесконечный клин с углом раствора $2\alpha = 270^\circ$ (рис. 4 и 5). Чтобы воспользоваться зависимостями для определения напряжений в полубесконечном клине, когда сила приложена вдоль оси клина или когда сила перпендикулярна оси клина, следует определить напряжения σ_{1x} и $\tau_{2x,2y}$ в площадках, перпендикулярных и параллельных оси клина [3, с. 36, 124, 158]:

$$\sigma_{1x} = \sigma_x \cos^2\beta + \sigma_y \sin^2\beta + 2\tau_{xy} \sin\beta \cdot \cos\beta;$$

$$\tau_{2x,2y} = \tau_{xy} (\cos^2\beta_1 - \sin^2\beta_1) + (\sigma_y - \sigma_x) \cdot \sin\beta_1 \cdot \cos\beta_1, \quad (5)$$

где $\beta = 225^\circ$ – угол между осью x_1 и осью x (см. рис. 4); $\beta_1 = 135^\circ$ – угол между осью x_2 и осью x (см. рис. 5).

Тогда напряжения в кругах дифракции при действии нормальной силы $P = \sigma_{1x} \cdot \delta$ (см. рис. 4)

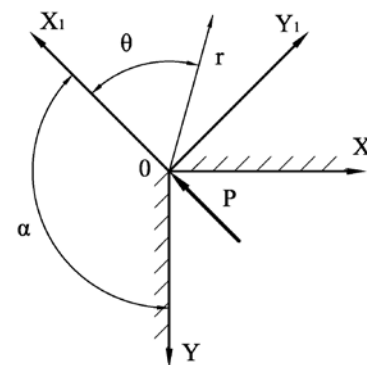


Рис. 4. Сила $P = \sigma_{1x} \cdot \delta$, приложенная вдоль оси клина с углом $2\alpha = 270^\circ$

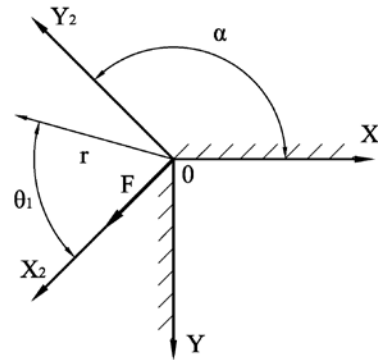


Рис. 5. Сила $F = \tau_{2x,2y} \cdot \delta$, приложенная перпендикулярно оси клина с углом $2\alpha = 270^\circ$

$$\sigma_r = -\frac{k \cdot (\sigma_{1x} \cdot \delta) \cdot \cos\theta}{r}; \quad \sigma_\theta = \tau_{r\theta} = 0, \quad (6)$$

$$\text{где } k = \frac{1}{\alpha + 0,5 \cdot \sin 2\alpha},$$

а при действии касательной силы $F = \tau_{2x,2y} \cdot \delta$ (см. рис. 5)

$$\sigma_r = -\frac{k_1 \cdot (\tau_{2x,2y} \cdot \delta) \cdot \cos\theta_1}{r}; \quad \sigma_\theta = \tau_{r\theta} = 0, \quad (7)$$

$$\text{где } k_1 = \frac{1}{\alpha - 0,5 \cdot \sin 2\alpha}.$$

Если мы выполняем скругление углов прямоугольного отверстия прямой линией, которая соединяет точки (элементарные источники волновых возмущений), ближайšie к угловой точке n_k , то в результате будем иметь две угловые точки с номерами n_{1k} и n_{2k} . Эти точки расположены от угловой точки на расстоянии δ . В этом случае в районе угла прямоугольного отверстия будут образовываться две области дифракции. Дифракционные напряжения в этих угловых точках с номерами n_{1k} и n_{2k} можно найти, рассматривая случаи приложения нормальной силы вдоль оси клина с углом раствора $2\alpha = 225^\circ$ и касательной силы, перпендикулярной оси клина с углом раствора $2\alpha = 225^\circ$.

При скольжении дифракционной волны из угловой точки n_{1k} по кромке отверстия она достигнет ближайшей угловой точки n_{2k} . Образуется вторичная дифракционная волна, так как в точке n_{2k} появится сила $(\sigma_r \cdot \delta)$, направ-

ленная вдоль кромки скольжения отверстия.

Процесс дифракции будет аналогичен распространению плоской волны подводного взрыва, когда волна скользит параллельно одной из граней абсолютно жесткого клина (рис. 6) [1, с. 118]. В обоих случаях образуются круги дифракции с затеканием давления в теньевую зону. Как при подводном взрыве, так и при скольжении прямой волны с цилиндрической симметрией вдоль кромки выреза в балке отраженных волн не образуется, потому что на кромке не возникают нормальные и касательные напряжения $\sigma_\theta = \tau_{\theta 0} = 0$. Дифракционная волна возникает из угла клина, так как вдоль кромки клина действует напряжение σ_r .

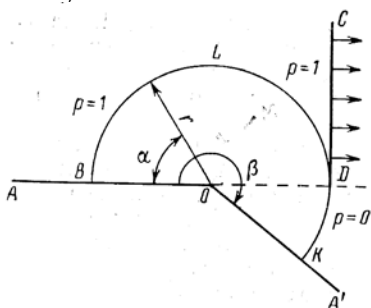


Рис. 6. Дифракция плоской волны подводного взрыва при скольжении вдоль грани клина

В случае падения прямой волны подводного взрыва под углом θ на неподвижный жесткий клин (см. рис. 2) возникает отраженная волна сжатия, а в

случае падения прямой волны сжатия из элементарного источника волновых возмущений на кромке балки на угол выреза этой балки возникает отраженная волна растяжения. Кромки выреза в балке являются свободной поверхностью. Аналогичное явление происходит при отражении прямой волны подводного взрыва от свободной поверхности, образуется волна разряжения [1].

Если отверстие имеет скругление углов по радиусу, то можно рассматривать больше угловых точек n_{ik} , заменяя дугу окружности многоугольником.

При достижении падающей волны отверстия она начнет разрезаться угловыми точками отверстия аналогично взаимодействию плоской волны подводного взрыва с абсолютно жестким клином (см. рис. 2). Возникнет теньевая зона. Участки свободных кромок в этой теньевой зоне не будут взаимодействовать с падающей волной. Там будут распространяться только дифракционные волны.

В остальном динамический расчет балки с отверстием выполняется по схеме, изложенной в динамическом волновом методе [3, 9]. При решении статической дифракционной задачи используется статический волновой метод (метод наложения напряженных состояний полубесконечных пластинок) [7, 10], а напряжения в дифракционных волнах определяются по зависимостям (5–7) для полубесконечного клина. Кроме расчета призматиче-

ских балок с отверстиями дифракционный волновой метод позволяет находить напряженные состояния балок переменного сечения и кривых брусков с отверстиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Замышляев Б.В., Яковлев Ю.С. Динамические нагрузки при подводном взрыве. – Л.: Судостроение, 1967. – 385 с.
2. Яковлев Ю.С. Гидродинамика взрыва. – Л.: Судпромгиз, 1961. – 315 с.
3. Тимошенко С.П., Дж. Гудьер Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
4. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. – Киев: Наукова думка, 1968. – 780 с.
5. Гарбуз В.С. Концентрация напряжений в прерывистых связях судового корпуса. – Л.: Судостроение, 1967. – 186 с.
6. Кольский Г. Волны напряжения в твердых телах. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. – 192 с.
7. Натухин А.В. Волны напряжений в балках и пластинках. // Морской вестник. – 2004. – №3.
8. Натухин А.В. Волны напряжений в балках и пластинках. – Тр. науч.- техн. конфер. «Бубновские чтения», посвященной 100-летию кафедры строительной механики корабля СПбГМТУ. – СПб., 18–19 ноября 2004 г.
9. Он же. Применение динамического волнового метода к определению напряженного состояния балок. – Мат-лы конфер. по строительной механике корабля памяти профессора П. Ф. Папковича, 18–21 ноября 2005 г.
10. Он же. Волны напряжений в многопролетных балках // Морской вестник. – 2005. – №2. ■

Кризисные явления, которые начались с конца 2008 г., нанесли существенный ущерб экономике многих стран. Это отразилось непосредственно на индустрии судоходства – ставки фрахта упали настолько, что полученный фрахт не всегда покрывает рейсовые расходы судна.

В условиях роста цен на энергоресурсы себестоимость перевозок нефтепродуктов во многом определяется затратами на топливо. Особенность эксплуатации нефтеналивных судов заключается в необходимости подогрева груза, что связано с дополнительным расходом топлива. Даже современный двухкорпусной танкер «Афрамекс» в зимнее время при перевозке груза мазута из портов Балтийского моря в порты Мексиканского залива расходует около 300 т топлива на поддержание погрузочной температуры груза. Расход бункера увеличивается, если требуется повысить температуру груза. В зависимости от внешних метеоусловий ежедневный расход бункера на танкере «Афрамекс» на поддержание температуры груза составляет от 12 до 20 т в сутки, а на повышение – от 25 до 30 т. Учитывая мощность судового энергетического ком-

ПЛАНИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПОДОГРЕВА ГРУЗА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТАНКЕРАХ

Ю.Н. Дурнев, операционный суперинтендант, ОАО «Новороссийское морское пароходство»,
контакт. тел. 8 (9887) 62 073

плекса танкера, даже небольшой процент экономии топлива положительно сказывается на финансовых результатах работы судна и повышает конкурентоспособность судоходной компании.

Поэтому в настоящее время актуальны поиск и внедрение наиболее эффективных и экономичных технологий в топливно-энергетический комплекс судна. Однако новые технологии требуют больших капитальных затрат на модернизацию существующих судов и длительное время на их внедрение.

Как один из вариантов решения проблемы энергосбережения предлагается планирование и мониторинг подогрева груза и выбор оптимальной технологической схемы перевозки жидких грузов морским транспортом, который приведет к значительной экономии топлива.

Планирование и мониторинг подогрева груза значительно снижает общее потребление топлива, прямые затраты на обслуживание судовых котлов и вспомогательных механизмов ведет к уменьшению вредных выбросов в атмосферу.

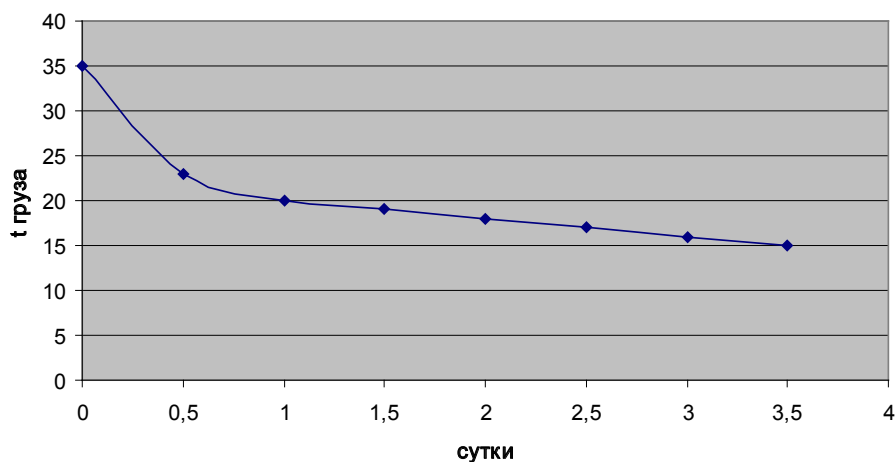


Рис 1. Интенсивность остывания мазута при перевозке на однокорпусном танкере

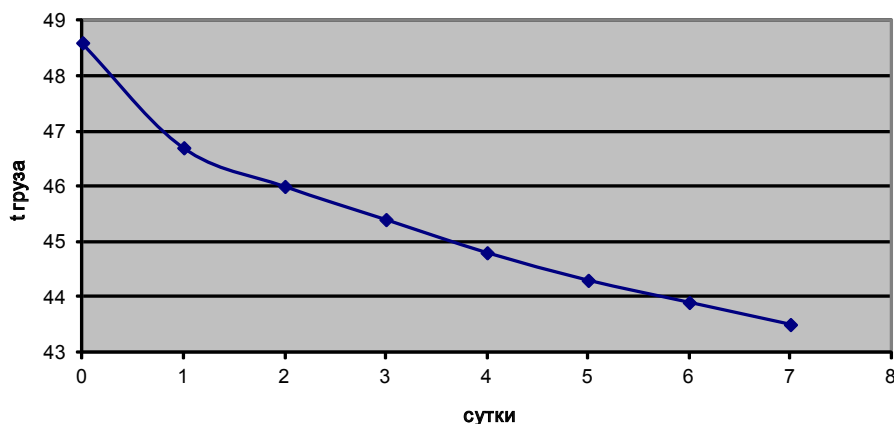


Рис 2. Интенсивность остывания груза мазута при перевозке на двухкорпусном танкере

Если судно выполняет рейсовый чартер, то расходы за потребление дополнительного котельного топлива, связанные с поддержанием температуры груза, равной погрузочной, ложатся на судовладельца. В соответствии со стандартным условием договора морской перевозки требуется на судне поддерживать погрузочную температуру груза, но не выше 135 градусов Фаренгейта. Данное условие рассматривается как требование поддерживать погрузочную температуру в течение всего рейса. Однако, как показывает опыт, подогрев груза в течение рейса для поддержания его постоянной погрузочной температуры менее экономичен, чем подогрев в конце рейса, так как общая величина теплопотерь за рейс будет наибольшей. Это подтверждается и законами физики.

Согласно закону Ньютона–Рихмана, количество теплоты Q , отданное через площадку на границе раздела тел площадью S за время t , пропорционально разности температур этих тел [1]: $Q = \alpha t S \Delta T$, где α – коэффициент теплоотдачи – количество теплоты, отдаваемое с 1 м² поверхности за единицу времени при единичном температурном напоре; ΔT – разность температур, в нашем случае – груза и окружающей среды.

Коэффициент теплоотдачи зависит от следующих параметров:

- вид теплоносителя и его температура;
- температура напора, вид конвекции и режим течения;
- состояние поверхности и направление обтекания;
- геометрия тела.

Другими словами, чем меньше разница температур груза и окружающей среды, тем меньше количество тепла отдаст груз в окружающей среде.

Транспортный цикл перевозки высоковязких жидкостей включает в себя погрузку в танкер предварительно разогретого груза, транспортировку с поддержанием требуемой для выгрузки температуры груза или остывания с последующим разогревом перед прибытием в порт назначения, а также собственно выгрузку. Как мы видим, поддержание высокой температуры груза определяет высокие значения температурного напора (разность характерных температур среды и стенки, между которыми происходит теплообмен) и, как следствие, значительные потери тепла. Такой режим целесообразен при коротких рейсах.

Перевозка высоковязких жидкостей с остыванием открывает широкие воз-

можности экономии энергоресурсов. И не только потому, что уменьшается значение температурного напора. При отключении систем подогрева происходят изменения поля скоростей движения груза в объеме танка, формируется малоподвижный слой в донной и бортовых его частях. По экспериментальным данным исследователей Като, Курихара, Сухара (Токийский университет, кораблестроительный факультет), значения скорости груза на разном расстоянии от внутренней поверхности бортовой обшивки находятся в пределах:

$$V = 7 \text{ мм/с при } h = 5 \text{ мм};$$

$$V = 44 \text{ мм/с при } h = 16 \text{ мм}.$$

Эти факторы определяют снижение коэффициентов теплоотдачи со стороны груза. В случае с застывающими грузами дополнительное снижение потерь тепла возможно вследствие образования твердой фазы на внутренней поверхности танка. Неконвектируемый твердый слой, имеющий низкую теплопроводность, в течение рейса создает термическое сопротивление, которое существенно снижает теплопотери в окружающей среде и уменьшает расход топлива на подогрев вязкого груза. Наряду с этим, в результате остывания происходит снижение средней температуры груза, что также способствует снижению потерь тепла. Учитывая особенности перераспределения температуры с образованием малоподвижного слоя и локальным переохлаждением жидкости у ограждающих поверхностей, можно говорить о довольно большой экономии тепловой энергии. Не следует бояться того, что малоподвижный слой, образовавшийся у борта судна, будет недоступен для выгрузки судовыми насосами и приведет к значительным неоткачиваемым остаткам груза на борту судна. Современные танкеры – это двухкорпусные суда с гладкой бортовой поверхностью танков, основной набор находится внутри двойных конструкций, и это не препятствует сползанию груза к горячим спиральям днищевой пароподогрева во время выгрузки.

Разогрев груза перед завершением рейса сопровождается кратковременным увеличением потерь тепла. Это связано с локальным перегревом груза при повышении мощности системы подогрева, «всплыванием» высокотемпературного ядра, сопровождающегося увеличением потерь тепла через палубу. Из-за запаздывания начала разогрева груза не удастся своевременно начать разгрузку судна, а преждевременный разогрев может существенно увеличить потери тепла.

То, что малоподвижный слой – хороший теплоизолятор, препятствующий дальнейшему остыванию груза, показывают наблюдения, сделанные на танкерах Новороссийского морского паро-

ходства еще во времена, когда танкерный флот был однокорпусным. В феврале перевозился мазут, имевший при погрузке температуру 35° С, забортная вода в первые два дня была 4° С и 7° С, наружного воздуха –6° С и 0° С соответственно. В этих условиях температура груза в бортовых танках упала за первые двое суток на 15° С при этом в течение первых 12 часов на 12° С, а затем падала на 1° С через каждый 12 часов.

На современных двухкорпусных танкерах в зимнее время температура груза мазута понижается за первые сутки на 3–4° С, затем на 1° С каждые сутки. Это не относится к случаям, когда судно следует в штормовых условиях, испытывая сильную качку и происходит заливание главной палубы, так как качка разрушает малоподвижный слой, а вода на палубе увеличивает теплопотери.

Для планирования режима подогрева груза нефтепродуктов необходимо анализировать следующие физические характеристики, которые должны быть внесены в сертификат качества груза:

температура/точка замерзания (freezing point) – температура, при которой вещество находится в равновесии между жидким и твердым состояниями;

температура застывания (pour point) – температура, при которой жидкость теряет текучесть, загустевает настолько, что при наклоне пробирки под углом 45° уровень жидкости остается неподвижным в течение 1 минуты;

температура помутнения (cloud point) – температура, при которой нефтепродукт, будучи в жидком состоянии, мутнеет вследствие выделения капель воды, кристаллов бензола и парафина.

При охлаждении некоторых сортов нефти до температуры помутнения из них выпадает твердый парафин. Путем нагрева парафин вновь в нефти растворить нельзя – кристаллы его при нагреве только плавятся. Поэтому при хранении и транспортировке нефти важно не допускать выпадения кристаллов парафина и образования твердого остатка. Нефть считается высокопарафинистой, если содержание парафина в ней (wax content) более 6%.

Вязкость (Viscosity) – свойство жидкостей, характеризующее их сопротивляемость перемещению одной части относительно другой под влиянием внешней силы.

Основой схемы подогрева груза, при которой достигается значительная экономия топлива, являются:

- отказ от поддержания погрузочной температуры груза во время всего рейса;
- допуск его остывания до допустимых нижних пределов;
- поддержание этой температуры во время рейса;

– подъем температуры груза до требуемой за сутки до прихода в порт выгрузки.

Предпочтительно с выходом судна из порта погрузки поднять температуру груза на 1–2° и затем остановить подогрев и включить его на поддержание температуры груза, когда она достигнет допустимого нижнего предела. В этом случае малоподвижный теплоизоляционный слой образуется при более высокой средней температуре груза. Однако это даст возможность экипажу убедиться, что система пароподогрева судна находится в рабочем состоянии.

Допустимым нижним пределом температуры груза для нефтепродуктов (мазута, вакуум-газойли, разбавленные асфальты) является температура, на 10° С превышающей его температуру застывания, для нефтей – температура на 2–5° С превышающей температуру помутнения.

Если существует техническая возможность, то небольшая рециркуляция груза в танке за сутки до подхода в порт выгрузки способствует равномерному прогреванию груза, смешиванию малоподвижных слоев на днище танка и у его бортов с основной массой груза, что обеспечивает быструю и качественную выгрузку.

Перечислим ключевые моменты, которые следует учитывать при принятии решения о подогреве груза нефти и нефтепродуктов в рейсе:

1. Физические характеристики нефти и нефтепродуктов, внесенные в сертификат качества груза для данного рейса, такие как температура застывания, температура помутнения, содержание парафинов, вязкость груза при различных температурах. Температура груза не должна опускаться ниже температуры, на 10° С превышающей температуру застывания или на 5° превышающей температуру помутнения в зависимости оттого, что выше. Для судов, оборудованных палубными подогревателями груза, важно, чтобы температура груза не опускалась ниже той, при которой вязкость груза поднимется выше допустимых пределов и судовые насосы не смогут подавать груз на палубный подогреватель.

2. Судно способно нагревать груз до определенной температуры и поддерживать эту температуру в дальнейшем только при определенных гидрометеорологических условиях, указанных в судовой документации. Если фактическая температура воздуха и забортной воды при плавании и на подходе к порту назначения оказывается ниже установленных пределов, возникает опасность того, что судно не сможет подогреть груз до оговоренной в чартере температуры и выполнить каче-

ственную выгрузку. Чтобы избежать подобной ситуации, необходимо начать подогрев груза до входа в зону холодной погоды.

3. В технической документации обычно указывается, на сколько градусов судно способно увеличивать температуру груза ежесуточно. Начинать подогрев груза следует с учетом ежесуточного повышения температуры груза, исходя из судовых возможностей, гидрометеорологических факторов, ограничений, накладываемых договором перевозки или свойствами груза по максимальному разрешенному суточному подъему температуры груза.

4. Температура груза должна быть поднятой до требуемой не менее чем за сутки до прихода судна в порт выгрузки.

5. Судно должно вести Журнал подогрева груза (Cargo Heating Log), в котором ежедневно регистрируются средняя температура груза в каждом танке и расход топлива на подогрев. Это даст возможность наблюдать скорость остывания груза и своевременно начать его подогрев.

Экспериментальные перевозки грузов мазута на судах ОАО «Новошип», в которых температура груза не поддерживалась во время рейса, а груз подогревался в конце него, доказали экономическую эффективность данного метода, особенно при длительных грузовых переходах. Так, танкер типа «Афромах» с 100 000 т мазута на переходе из Балтийского моря в Мексиканский залив в зимнее время экономит до 150 т бункера, а на переходе из Черного моря в Сингапур – до 100 т.

Предложенная технология подогрева груза не требует никаких затрат на переоборудование суда, нужны лишь дальновидность экипажа и надлежащее планирование подогрева груза, при этом достигается значительная экономия бункера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошняжский А. А., Мошняжский А. Ф. Модель затвердевания груза у донной части танкеров (задача Стефана)//Методы та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ. – 2008. – Вип. 14. – С. 221–229.
1. Остаев А. В., Крыштын Л. К., Денисенко Н. И. Донкерман наливного судна. М.: Транспорт, 1979. – С. 32–35.
2. Хайдуков А. О., Хайдуков О. П. Транспортные свойства и характеристики нефтяных грузов, перевозимых на танкерах. – Новороссийск: Изд. НГМА, 2003. – С. 46–56.
3. Suhara J., Kato H., Kurihara T. Experimental studies on the rolling effect on heat losses from oil tanker cargoes//Report of Research Institute for applied Mechanism. – 1976. – Vol. 24. – № 76. – P. 1–30. ■

Глубокая трансформация промышленности в России происходит на фоне чрезвычайно динамично изменяющейся ситуации в мировой индустриальной сфере, где за последние двадцать лет произошли кардинальные перемены как в организации производства на основе современных информационных технологий, так и в технологической и товарной структуре промышленности на основе применения новых материалов.

После распада СССР судостроительная отрасль и морское приборостроение как ее составная часть, продукция которой ориентирована на инвестиционный спрос, оказались наиболее уязвимыми: закрытый характер советской хозяйственной системы затруднил выход на мировой рынок продукции приборостроения, поскольку она не была интегрирована в систему международных стандартов и технологических фаз; длительный инвестиционный цикл в этой отрасли и относительно невысокая рентабельность крайне затрудняли доступ к рынку капитала и препятствовали обновлению технологической базы.

Также осложняла выход на международный рынок принципиальная разница в управленческих подходах к организации деятельности предприятий.

Для традиционной модели, применяемой в многолетней советской практике, были характерны следующие подходы:

- ориентация на решение оперативных вопросов;
- ориентация на стабильность;
- технологический императив;
- важнейший ресурс – техника;
- максимальное дробление работ, простые и узкие специальности;
- внешний контроль;
- авторитарный стиль управления;
- низкая заинтересованность работников организации в успехе;
- действие только в интересах организации или ее подразделений;
- несклонность к риску или его боязнь.

Современные рыночные условия требуют изменений и перехода на новую модель управления, ориентированную на следующие подходы:

- стратегия;
- ориентация на своевременную адаптацию к изменениям во внешней среде и воздействие на внешнюю среду;
- организационный императив;
- важнейший ресурс – люди;
- оптимальная группировка работ, широкие многоаспектные специальности;
- самоконтроль (саморегулирующие системы), самодисциплина;
- гибкая организационная структура, развитие горизонтальных связей, обеспечивающих эффективное взаимодей-

МАРКЕТИНГОВАЯ ПОЛИТИКА ПРЕДПРИЯТИЙ МОРСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА

*Д.В. Охримский, начальник отделения,
А.М. Тихоненко, главный инженер, ОАО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 03 75 (доб. 178), (812) 602 03 51*

ствие подразделений и сотрудников;

- демократический стиль управления, основанный на заинтересованности всех работников в общем успехе организации;

- сотрудничество, коллегиальность;
- высокая заинтересованность работников в общем успехе;
- действие в интересах не только организации, но и общества;
- ориентация на инновации и связанную с этим склонность к риску;

Вступление России в ВТО, формирование единого экономического и технологического пространства в рамках Евразийского союза, формирование экономических регионов на Дальнем Востоке и на западных границах Российской Федерации открывают новые возможности для промышленных компаний. Вместе с тем интенсивная региональная и технологическая интеграция приводят к росту конкуренции за потребителя и ресурсы. До недавнего времени в течение почти двадцати лет государственная политика в морском приборостроении ограничивалась рядом пассивных мер, направленных в основном на поддержание возможностей отрасли по созданию продукции в интересах национальной обороны. В структуре продаж отрасли доминировал оборонный заказ иностранных фирм.

21 февраля 2008 г. Постановлением Правительства РФ № 103 утверждена Федеральная целевая программа «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы». Этим был дан старт развитию технологического потенциала и созданию научного задела для возрождения отечественного гражданского морского приборостроения. Это позволяет на основе использования новых научно-технических решений разрешить комплекс накопившихся проблем и существенно повысить экспортный потенциал отрасли морского приборостроения.

Начиная с 2011 г. ОАО «НПФ «Меридиан» в рамках федеральных целевых программ велись и ведутся работы по таким системам, как «Око» (отождествление воздушных объектов), «Фагот» (избежание/уменьшение риска столкновения с другим судном), «СП-07»

(противопожарная защита сверхтанкового обнаружения). Также ОАО «НПФ «Меридиан» разрабатывает интегрированную мостиковую систему для гражданского судостроения, представляющую модульную конструкцию, что позволяет устанавливать систему на судах различного класса и водоизмещения. В интегрированной мостиковой системе заложены передовые технологии, использованы новые конструкционные материалы и комплектующие изделия.

Успешность реализации научно-исследовательской и производственной деятельности по данному направлению обусловлена объективной потребностью рынка не только гражданского, но и военного судостроения в качественном и современном оборудовании. С 2004 по 2013 г. в мире реализовано не менее 204 боевых кораблей на общую сумму в 40,17 млрд. долл. Из этого количества объем рынка новых кораблей оценивается в 130 ед. при их стоимости в 38,53 млрд. долл., что составляет 63,7% от общего количества проданных надводных кораблей и 95,9% от стоимости общемировых поставок. Таким образом, на долю устаревших проектов кораблей приходится 36,3% и лишь 4,1% – на долю стоимости. Соответствующие данные приводятся в аналитическом отчете АРМС-ТАСС, который был опубликован в журнале «Рынки вооружений».



Корабль nr. 12418

Согласно версии АРМС-ТАСС, на мировом рынке продаж современных надводных кораблей места распределились следующим образом:

1-е место – Германия, с 2004 по 2013 г. было реализовано 26 ед. новых надвод-

ных боевых кораблей на общую сумму в 5,6 млрд. долл.;

2-е место – Франция, с 2004 по 2013 г. реализовано 16 кораблей на сумму в 6 млрд. долл.;

3-е место – Великобритания, которая реализовала за тот же период 15 надводных кораблей на общую сумму почти в 3 млрд. долл.;

4-е место – Нидерланды, эта страна за десятилетие продала 14 надводных кораблей на общую сумму в 3,6 млрд. долл.;

5-е место – Россия, которая идет с минимальным отрывом от лидеров. За десятилетие страна реализовала 13 надводных кораблей на общую сумму почти в 8 млрд. долл. При этом за 2004–2008 гг. было продано всего 3 корабля – на сумму 1,7 млрд. долл., но в 2008–2013 гг. объем продаж существенно вырос – 10 кораблей на сумму в 6,2 млрд. долл.*

ОАО «НПФ «Меридиан» в период с 2004 по 2013 г. поставлены на корабли иностранного заказчика пр. 11356, 12418, ТП-400, 17, 15 А следующие комплексы и системы: боевая информационно-управляющая система (ИУС) «Требование-М», система совместного безопасного применения оружия «Блокировка», системы противопожарной защиты «АПЗ-028», «СТС-М», «Касатка», система размагничивания «АМК-51», прибор преобразования информации РЛС «RDDU». На сегодняшний день также ведутся работы на пр. 28, 71, 15Б новейших кораблей.

Существенное значение имеет рынок систем вооружений для надводных кораблей. Согласно данным исследования «Прогноз рынка систем вооружения надводных кораблей», который был опубликован компанией «Форкаст интернэшнл», до 2018 г. в мире будет реализовано 13 360 систем данного типа, оценочная стоимость которых составит 8,911 млрд. долл.**

Таким образом, самое первое и наиболее важное отличие судостроительного рынка – в том, что на нем действуют компании и организации, которые не являются только продавцами или только покупателями. В разных сделках они выступают в разном качестве: могут быть и продавцами, и покупателями, и партнерами. Это делает их позицию активной при выборе партнера

* Мировой рынок военно-морской техники в 2004–2013 гг. /Агентство АРМС-ТАСС – «Рынки вооружений». 2009, т. 9., № 1. « URL: <http://armstass.su/?page=categ&cid=12>

** Мировой рынок надводных кораблей // Военное обозрение: ежен. интернет-изд. 12 апреля 2013 URL: <http://topwar.ru/26714-mirovoy-rynok-nadvodnyh-korablye.html> (дата обращения: 12.04.2013)..



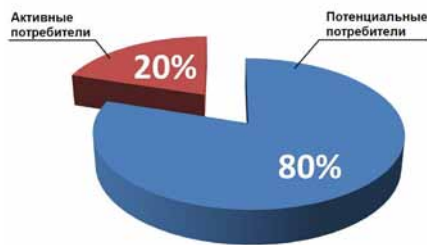
ИУС «Требование-М»

по сделке. Обе части судостроительного рынка – фирмы покупатели и фирмы продавцы – одинаково активны в выборе контрапартнеров, они проводят анализ и оценку потенциальных поставщиков, тратят значительные ресурсы на принятие решения о совершении сделки, подписывают договоры и контракты и т. п.

В этой связи становится актуальным обращение к эмпирическому «закону Парето», действующему практически во всех областях бизнеса. В соответствии с ним 20% времени на совещаниях тратится на принятие 80% решений; 20% клиентов фирмы приносят 80% всех доходов; 80% времени, усилий, материалов приходится на создание 20% всех продуктов; 20% всех продуктов фирмы (отнюдь не те, на которые пришлось больше всего усилий) приносят 80% совокупной прибыли.

На законе Парето базируется прежде всего правильная товарно-ассортиментная политика предприятия. Наиболее крупные и платежеспособные клиенты должны стать приоритетными в маркетинговой политике судостроительных компаний.

Анализ показывает, что своих потребителей можно разделить на две неравные части: меньшая часть – активные потребители, а большая – потенциальные (см. рисунок ниже).



Соотношение активных и потенциальных потребителей продукции судостроения

Вследствие гораздо меньшего количества покупателей на промышленном рынке по сравнению с потребительским судостроительные фирмы рассматривают каждого конкретного покупателя в отдельности, особенно если он круп-

ный. И такие предметы сделки как цена, качество, условия поставки и оплаты, являются объектами переговоров и подписания контракта с каждым конкретным покупателем в отдельности.

Принципиальное отличие судостроительного рынка заключается в том, что продавцы и покупатели в данном случае обладают высокими профессиональными навыками при производстве продукции, которую продают или покупают. Специалиста сложнее убедить в том, что ему необходим именно данный товар, должны приводиться серьезные и реальные аргументы, поскольку покупатель практически всегда знает достоинства и недостатки вашей продукции по сравнению с продукцией конкурентов.

Активное участие ОАО «НПФ «Меридиан» в выставках мирового масштаба и значения, таких как военно-морская выставка «Евронаваль – 2012», SMM'2012, где свои идеи, проекты и готовую продукцию представляют ведущие компании мира и где экспозицию фирмы «Меридиан» осмотрели представители ВМС Франции, Великобритании, Австралии, Канады, Египта, Ирана, Казахстана и других стран, показало правильность выбранной стратегии развития концерна. Знакомство же наших специалистов с новыми прогрессивными тенденциями в современном судостроении, начиная от проектных решений гигантских судов и кораблей до мелких элементов крепежа и электронных плат, позволит сформулировать новые перспективные направления деятельности.

В целях адаптации к условиям современного рынка в ОАО «НПФ «Меридиан» организована новая структурная единица – отделение информационных и маркетинговых технологий, которое формирует маркетинговую политику фирмы с применением прогрессивных IT-технологий, направленную на эволюционное развитие информационного пространства предприятия.

Данная маркетинговая политика, ориентированная на клиента-партнера, позволяет предприятию расширять выпуск востребованных товаров и услуг, а также создавать новые и совершенствовать существующие.

Специфичность продукции, особенности рынка, избирательность тактик продвижения услуг предприятий отрасли морского приборостроения диктует необходимость постоянного мониторинга маркетинговой среды, апробацию и внедрение инновационных позиционирующих технологий. Уровень и качество оборонного комплекса России были высоки всегда, необходимо не только сохранять эти позиции, но и переходить на более высокий уровень в изменившихся условиях рынка. ■

Радикальная перестройка системы управления в Российской Федерации, переход ее экономики на рельсы рыночной экономики – одни из важнейших направлений программы реформ, проводимых в стране.

Указанные обстоятельства подчеркивают необходимость приведения всей системы функционирования таких научно-исследовательских организаций, как ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» (далее – ГНИНГИ), включая их структуру, решаемые задачи, порядок финансирования, управление (менеджмент), в том числе управление бизнесом, к требованиям рыночной экономики [1].

Принципиальной особенностью научно-производственной деятельности ГНИНГИ в условиях рыночной экономики является комплексное решение научно-технических проблем и задач в сфере морской деятельности РФ в Мировом океане, прежде всего в области навигации, гидрографии, океанографии, геофизики, картографии и гидрометеорологии. При этом основу указанной деятельности составляют государственный оборонный заказ (ГОЗ) и коммерческие договоры.

Развитие рыночных отношений и формирование конкурентной среды в сфере навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) и гидрометеорологического обеспечения (ГМО) морской деятельности РФ требует разработки более совершенных методов определения цен на продукцию ГОЗ и коммерческих договоров, совместное исполнение которых осложняется следующими факторами [2]:

- обязательным ведением раздельного учета результатов финансово-хозяйственной деятельности по каждому государственному контракту;
- ответственностью головного исполнителя за нецелевое использование финансовых средств, выплачиваемых государственным заказчиком и предназначенных только для выполнения ГОЗ и авансирование соответствующих работ;
- отсутствием регламентированных методов распределения затрат одновременно по государственному контрактам и коммерческим договорам.

При существующей свободе исполнителей коммерческих работ в разнесении затрат между коммерческими договорами и в формировании цен по ним возникает вопрос о ведении учета затрат на данные виды работ в зависимости от использования средств на выполнение ГОЗ.

Учитывая изложенное, ниже предлагается метод, позволяющий вести

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ НОРМО-ЧАСА В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, РАБОТАЮЩЕЙ ПО КОММЕРЧЕСКИМ ДОГОВОРАМ И ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОНТРАКТАМ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «ГНИНГИ»)

А.И. Исмаилов, д-р воен.наук, проф., начальник отдела,
С.Б. Курсин, канд.техн.наук, генеральный директор,
Н.А. Славина, канд.экон.наук, директор по экономике и финансам,
 ОАО «ГНИНГИ»,
 контакт. тел. (812)322 6320

учет затрат по коммерческим договорам и государственным контрактам с целью обеспечения целевого использования средств по ГОЗ в условиях рыночной конъюнктуры при сохранении единых подходов к определению статей затрат.

Формирование цен коммерческих договоров в сфере навигационно-гидрографического обеспечения и гидрометеорологического обеспечения морской деятельности диктуется рыночными условиями, предполагающими конкуренцию исполнителей. В этой связи на получение прибыли научно-исследовательской организации доминирующее влияние оказывают наибольшие по величине статьи затрат: заработная плата научных сотрудников и накладные расходы, определяемые через предыдущую статью путем ее умножения на коэффициент. В предлагаемом методе распределения затрат по договорам рассматривается первичный по отношению к заработной плате научных сотрудников ее удельный показатель – стоимость нормо-часа, определяемая как отношение заработной платы к трудоемкости выполнения научно-исследовательских работ.

Предлагается стоимость нормо-часа при одновременном выполнении коммерческих договоров и государственных контрактов оценивать на основе метода «геометрии масс» с использованием понятия барицентрических координат [3].

Выбор указанного метода, родоначальником которого был великий древнегреческий мыслитель Архимед, определяется его широким применением в различных областях знания: металлургии, химии, генетики, топологии, интерполяции, статистики, электростатики, проблемах цветового зрения [4].

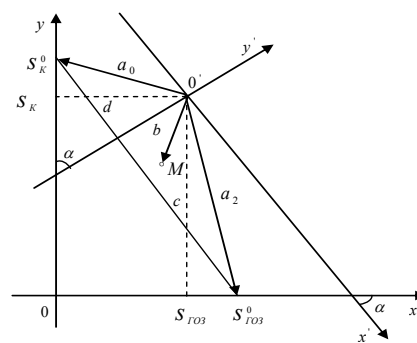


Рис. 1. К определению центра масс

Согласно методу «геометрии масс» в условном треугольнике (рис. 1) с вершинами S_K^0 ; S_K ; $S_{ГОЗ}^0$; $S_{ГОЗ}^0$ рассматривается точка M с барицентрическими координатами μ_0 , μ_1 , μ_2 .

Применительно к рассматриваемому методу точка M на рис. 1 характеризует равновесное состояние деятельности организации в отношении распределения стоимости нормо-часа при работе по коммерческим договорам и государственным контрактам. Например, состоянию, при котором организация выполняет работу только по ГОЗ со стоимостью нормо-часа $S_{ГОЗ}^0$, соответствует точка $\mu_0=1$, $\mu_1=\mu_2=0$, а состоянию при работе исключительно по коммерческим договорам со стоимостью нормо-часа S_K^0 – точка $\mu_2=1$, $\mu_0=\mu_1=0$. Работе по договорам, при которой стоимость нормо-часа по трем вариантам состояния деятельности организации встречается с одинаковой вероятностью $\mu_0=\mu_1=\mu_2=1/3$, соответствует точка пересечения медиан треугольника.

В теоретических и практических вопросах экономики организации важную роль играют именно равновесные состояния ее деятельности, т.е. такие, при которых на следующем этапе имеется тот же набор показателей стоимости нормо-часа, что и на пре-

дыдущем. В рассматриваемом методе используется утверждение, аналогичное закону популяционной генетики Харди–Вайнберга, характеризующего равновесный процесс. Оно содержит необходимое и достаточное условие для того, чтобы состояние деятельности организации было равновесным [5].

Для проведения барицентрической интерпретации указанного утверждения в декартовых координатах x, y рассматривается треугольник, вершины которого соответствуют выполнению коммерческих договоров S_K^0 , отдельно ГОЗ $S_{ГОЗ}^0$ и работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам $S_K, S_{ГОЗ}$. В соответствии с рис. 1 вершина S_K^0 находится в точке с координатами $0; S_K^0$, вершина $S_{ГОЗ}^0$ – в точке с координатами $S_{ГОЗ}^0; 0$, а вершина $S_K, S_{ГОЗ}$ – в точке $S_{ГОЗ}; S_K$. В точку $S_{ГОЗ}; S_K$ помещается начало координат x', y' .

Для любой точки $M(\mu_0, \mu_1, \mu_2)$, характеризующей первоначальное состояние деятельности организации, определяется ее декартовы координаты в новых осях для равновесного состояния. Используя теорему преобразования декартовых координат, координаты x, y произвольной точки можно выразить через систему координат x', y' , и наоборот [6].

Выполнив ряд математических преобразований, можно получить, что все равновесные состояния деятельности организации находятся на кривой, описываемой тремя уравнениями, из которых одно – уравнение кривой равновесия в координатах x', y' (1) и два – уравнения его перевода в координаты x, y [4]:

$$y' = \frac{-b}{(c-d)^2} \cdot [2(c-d)x' - 2(c+d) \times \sqrt{(c-d)x' + dc + (d+c)^2}]; \quad (1)$$

$$x = x' \cos \alpha + y' \sin \alpha + S_{ГОЗ}; \quad (2)$$

$$y = -x' \sin \alpha + y' \cos \alpha + S_K. \quad (3)$$

Кривая равновесного состояния проходит через вершины треугольника $(0, S_K^0)$ и $(S_{ГОЗ}^0, 0)$, соответствующие выполнению только коммерческих договоров и работе исключительно по ГОЗ. В качестве первоначальных могут быть приняты существующие в организации показатели стоимости нормо-часа.

Целесообразность использования предлагаемого подхода можно показать на следующем примере.

Используя уравнения (1) – (3) и показатели работы ГНИНГИ при выполнении коммерческих и государственных контрактов, были выполнены расчеты по двум вариантам, соответствующим следующим соотношениям

стоимости нормо-часа по коммерческим договорам и государственным контрактам:

1) стоимость нормо-часа по коммерческим договорам S_K^0 и первоначальная стоимость нормо-часа при работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам S_K равны 400 руб./ч, стоимость нормо-часа по государственным контрактам $S_{ГОЗ}^0$ и первоначальная стоимость нормо-часа при работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам $S_{ГОЗ}$ равны 350 руб./ч.

2) стоимость нормо-часа по коммерческим договорам S_K^0 и первоначальная стоимость нормо-часа при работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам S_K равны 350 руб./ч, стоимость нормо-часа по государственным контрактам $S_{ГОЗ}^0$ и первоначальная стоимость нормо-часа при работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам $S_{ГОЗ}$ равны 400 руб./ч.

Трудоемкость при работе по коммерческим договорам и государственным контрактам принята равной 500 часам.

Для каждого из вариантов рассмотрено равновесное состояние научно-исследовательской деятельности организации. Используя данные равновесной кривой при работе одновременно по коммерческим договорам и государственным контрактам, определены равновесные величины стоимости нормо-часа. Согласно расчетам по первому варианту, наибольшей заработной плате соответствуют величины стоимости нормо-часа по ГОЗ и коммерческим договорам, равные 250 руб./ч и 313 руб./ч соответственно. При анализе расчетных данных по второму варианту выявлено, что наибольшей заработной плате соответствуют величины стоимости нормо-часа по ГОЗ и коммерческим договорам, равные 313 руб./ч и 250 руб./ч.

Необходимо отметить, что во втором случае стоимость нормо-часа по ГОЗ выше уровня стоимости нормо-часа по коммерческим договорам, что противоречит действующим законодательно закрепленным принципам целевого использования финансовых средств на выполнение ГОЗ. Следовательно, второй варианта расчета не имеет права на существование. При одновременной работе по коммерческим договорам и государственным контрактам стоимость нормо-часа по коммерческим договорам должна превышать соответствующий показатель по ГОЗ, а ее расчет проводится

по формуле (3).

Кроме того, при работе только по государственным контрактам или коммерческим договорам стоимость нормо-часа вырастает до 350 руб./ч и 400 руб./ч в соответствии с данными кривой равновесного состояния, проходящими через вершины треугольника (350; 0) и (0; 400). Следовательно, при начальной стоимости нормо-часа по ГОЗ и коммерческим договорам, равным 250 руб./ч и 313 руб./ч, работа только по государственным контрактам или коммерческим договорам обязывает увеличить их стоимость нормо-часа, что оправданно для сохранения рентабельности организации.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что в условиях рыночной экономики разнесение затрат между видами договоров и установление стоимости нормо-часа по коммерческим договорам должны определяться с учетом регламентированных организационно-экономических условий и средств по выполнению ГОЗ.

Таким образом, предложенный подход к оценке стоимости нормо-часа удовлетворяет требованиям современного уровня развития экономики и не противоречит действующему законодательству. Он отвечает основным направлениям реорганизации подчиненных Минобороны России предприятий навигационного приборостроения, базирующихся на следующих ведущих принципах: развитие конкуренции в сфере производства, выполнение работ и оказание услуг и обеспечение всем производителям равного доступа к рынку товаров, работ, услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исмаилов А.И.* Особенности прогнозирования, планирования и управления научно-производственной деятельностью ГНИНГИ как субъекта бизнес-процессов Министерства обороны Российской Федерации // Науч.-техн. сб./ГНИНГИ. – 2011. – № 36. – С. 52–60.
2. ФЗ РФ от 29.12.2012 № 275-ФЗ: «О государственном оборонном заказе» (принят Государственной Думой 19.12.2012). – Официальное опубликование правовых актов. URL: <http://pravo.fso.gov.ru> (дата обращения 17.01.2012).
3. *Балк М.Б., Болтянский В.Г.* Геометрия масс. – М.: Наука, 1987. – 161 с.
4. *Славина Н.А.* Разработка метода ценообразования в комбинированном производстве (на примере ТЭЦ). – Дис. канд.экон.наук: 08.00.05. – СПб., 2002, 179 с.
5. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В.* Очерк учения о популяции. – М.: Наука, 1973. – 276 с.
6. *Ефимов Н.В.* Краткий курс аналитической геометрии: Учебн. для вузов. – М.: Наука, 1973. – 276 с. ■



– Игорь Владимирович, какое из направлений работы возглавляемого вами блока на сегодня наиболее значимо?

– Конечно, управление персоналом. Популярный лозунг советских времен «кадры решают все» совершенно не утратил актуальности в наши дни и тем более при существующей производственной нагрузке на нашей верфи. Вне всяких сомнений, главной ценностью предприятия являются люди – специалисты, работающие на ней. Поэтому – основная цель блока, которым я руковожу, это, безусловно, управление человеческими ресурсами.

– Вы имеете в виду работу отдела кадров?

– Думаю, нам всем давно пора отойти от советского восприятия отдела кадров – как структуры, которая занималась механическим приемом и увольнением, занесением записей в трудовые книжки. На сегодняшний день наша цель – превратить блок в полноценное подразделение управления человеческим ресурсом, цель которого работа с персоналом: и кадровое администрирование, и мотивация персонала, и его развитие, и социальная составляющая, и, если хотите, управление коллективными эмоциями и настроением, в данном случае я имею в виду внутрикорпоративные коммуникационные инструменты.

Мы постепенно перестраиваем сами себя в этом отношении и перестраиваем подразделения, которые занимаются различными видами управления персоналом, так как наша главная задача – обеспечить производственные подразделения верфи необходимыми специалистами должного уровня.

– Уже можно говорить о конкретных результатах?

– Приведу несколько цифр. За 12 месяцев прошлого года мы трудоустроили на верфи более 1600 человек, почти половина из них – основные производственные рабочие. При этом нам удалось провести серьезные структурные изменения: значительно снизить численность работников непромышленной группы на предприятии, а численность основных производственных рабочих возросла почти на 10%. Практически та-

КАДРЫ РЕШАЮТ ВСЕ

И. В. Савельев, заместитель генерального директора по персоналу и общим вопросам ОАО «Адмиралтейские верфи»
контакт. тел. (812) 495 06 43

кой же прирост обеспечен и по итогам первого квартала текущего года.

– Что делает служба управления персоналом для пополнения штата основных производственных рабочих?

– Прошлый год можно назвать тренировочным для службы управления персоналом по многим направлениям. В четвертом квартале правлением ОАО «Адмиралтейские верфи» была утверждена разработанная нами «Концепция реализации потребности предприятия в трудовых ресурсах на 2012–2013 годы», которая включает в себя как новые, так и «хорошо забытые старые» формы подготовки и привлечения персонала.

Кроме того, реорганизовали сам отдел – сформировали команду, которая уже в этом году решает достаточно серьезные и сложные задачи.

Одним словом, в прошлом году мы провели всю предварительную работу, чтобы подготовить коллектив к серьезному броску.

– Как сегодня происходит набор кадров из города?

– Безработица на рынке труда носит фрикционный характер, и людей необходимых нам специальностей и квалификации практически нет. Это факт. Поэтому, чтобы найти действительно достойных работников, отделу управления персоналом приходится выполнять огромную работу. Так, только в прошлом году отдел кадров «пропустил» через себя более 4 тысяч соискателей, и только треть из них были трудоустроены на верфи.

– Сколько рабочих требуется предприятию в этом году?

– Согласно данным планово-диспетчерского отдела, для выполнения объема работ, запланированного на 2013 г., нам нужно набрать не менее 300 основных производственных рабочих. Соответственно, чтобы увеличить численность, нам нужно с учетом естественного оттока в течение года привлечь на верфи около тысячи производственных рабочих.

Это цифра на год. Она ежемесячно и ежеквартально корректируется с учетом таких объективных причин, как изменение графика постройки заказов, естественное движение персонала, временное отсутствие работников из-за отпусков, командировок и прочих причин.

– В чем, на ваш взгляд, причина сложившейся ситуации и есть ли пути выхода из неё?

– Основных причин две: последс-

твия демографического кризиса 90-х г. и падение престижа рабочей профессии. Молодежь не хочет идти работать на производство, потому что им попросту не хватает информации.

Смешно сказать, но на сегодняшний день мало кто из молодых ребят, стремящихся работать менеджерами, знают, что на рабочей должности они смогут получать в два, а то и в три раза больше. Да, работа не такая чистая и физически нелегкая. Но зато есть достойная зарплата, возможность профессионального роста, получения высшего образования на льготных условиях! Об этом нужно не просто говорить – кричать в средствах массовой информации, что мы сегодня активно и делаем.

– Но ведь вы сами сказали, что сегодня большинство судостроительных предприятий региона загружено. Значит, такая форма привлечения персонала не может использоваться постоянно?

– Именно поэтому мы смотрим не на шаг, а на несколько шагов вперед и прекрасно понимаем, что нам нужно готовить свои кадры.

Одно из направлений уже упомянутой мною концепции – целевая подготовка рабочих для производственных подразделений верфи.

Подготовка учеников производственного обучения ведется сразу по нескольким специальностям: слесари-монтажники, сборщики корпусов металлических судов, электросварщики, гуммировщики.

Обучение будущих молодых рабочих проходит в несколько этапов на территории верфи. Мы активно сотрудничаем в этом направлении с ресурсным центром подготовки рабочих судостроительных профессий – профессиональным лицеем № 25.

Эта программа была запущена на верфи в январе, и за первый квартал мы уже сформировали пять полноценных групп учеников производственного обучения общей численностью более ста человек. К концу второго квартала их число вырастет вдвое. Основные площадки для подготовки молодых рабочих – это стапельно-сдаточный и монтажный цеха.

– Понятно, что пока еще рано говорить о конечном результате, но как вы сами оцениваете эффективность этой программы?

– Первоначальный эффект лично для меня оказался неожиданным. Как это ни странно, мы столкнулись



с огромным количеством совершенно адекватных молодых людей, отслуживших в армии и желающих работать на нашей верфи. Без преувеличения могу сказать, что к нам сейчас выстраивается очередь из желающих освоить производственную специальность! Мы закладывали серьезную текучесть во время обучения – и она есть! – но в три раза меньше, чем я ожидал.

– *Что, на ваш взгляд, может служить мотивацией для потенциальных адмиралтейцев?*

– Ни для кого не секрет, что все мы приходим на работу, чтобы зарабатывать деньги. И чтобы заинтересовать потенциальных рабочих, нужны как минимум три составляющие: достойная зарплата, стабильность предприятия и перспектива профессионального роста. Всё это есть на «Адмирал-



тейских верфях». У нас разработана программа мотивации персонала и график ее реализации. Мы ежегодно планируем увеличение заработной платы. Так, если в прошлом году средняя зарплата производственных рабочих составляла более 43 тыс. руб., то в этом году ее уровень увеличится еще на 6 тысяч.

Но нужно понимать, что средний уровень – это как средняя температура по больнице. Высококвалифицированные рабочие на отдельных участках зарабатывают у нас и по 80 тыс. руб.

– *Можно сказать, что «Адмиралтейские верфи» – лидер среди конкурентов?*

– По уровню средней заработной платы на одного производственного рабочего мы действительно входим в тройку лидеров самых высокооплачиваемых судостроительных предприятий. Поэтому нашим сотрудникам нет смысла менять место работы – нужно работать и строить карьеру на «Адмиралтейских верфях»!

– *Ещё одно – значимое направление работы вашего блока – социальная сфе-*

ра. Что сегодня включает соцпакет работника верфи?

– Администрация верфей всегда придерживалась позиции, что люди, коллектив – это главная ценность предприятия. И сегодня наше предприятие действительно одно из немногих в городе, сумевшее сохранить весь социальный пакет: две заводские базы отдыха на Карельском перешейке, в Маноле и Орехово, детский оздоровительный лагерь в поселке Сиверский; заводские столовые, один из лучших в городе медицинский центр, спортивный клуб «Адмиралтеец». Причем все эти объекты не только действуют, но и обслуживают работников верфи на льготных условиях. Базы предоставляют, не побоюсь этого слова, огромные скидки на отдых адмиралтейцам и членам их семей; детский оздоровительный лагерь реализует льготные путевки детям работников верфи; медицинский центр обслуживает по полисам добровольного медицинского страхования, а полноценный комплексный обед в заводских столовых стоит сегодня всего 90 руб.

Так же как и в былые годы, на верфи работает спортклуб и ежегодно проводится заводская Спартакиада по 18 видам спорта, в которой участвуют более 2000 адмиралтейцев. Молодежи очень нравится!

– *Давайте коротко остановимся на работе каждого из объектов. Начнем с заводских баз отдыха...*

– В прошлом году мы подвергли отдел социального развития серьезнейшему реформированию. Был проведен комплекс мер по снижению затратной части и привлечению большего числа коммерческих потребителей.

При этом я с гордостью заявляю, что нам удалось это сделать без ущерба для работников верфи – в прошлом году на заводских базах отдохнули более 3000 адмиралтейцев. Благодаря рекламе и запуску интернет-сайта о базах отдыха реализация путевок выросла на 21%, а выручка увеличилась на 10%.

Конечно, говорить о полной безубыточности пока не приходится, но результаты заметно улучшились.

– *Сохранятся ли льготы на путевки для работников верфи?*

– Дотация на путевки для работников Объединения и их детей до 16 лет установлена в размере 65% от полной стоимости. Для остальных членов семьи дотация составляет 50%. Более того, базовая стоимость путевок на весенний период сохранена на уровне 2011 г.!

Стоимость путевок в детский оздоровительный лагерь «Адмиралтеец» для детей работников на это лето можно назвать просто беспрецедентной – она составит менее 5 тыс. руб.!

– *Реорганизация коснулась и еще од-*

ного объекта социального блока – Медицинского центра верфи. Для работников предприятия что-то изменилось?

– Если и изменилось, то только в лучшую сторону, и об этом явно свидетельствует статистика посещений медицинского центра: в 2012 г. адмиралтейцы обращались туда более 40 тыс. раз.

Наш медцентр отвечает современным европейским стандартам и по праву считается одним из лучших в городе как по уровню медицинского персонала, так и по оснащению современным оборудованием. Сегодня в медицинском центре «Адмиралтейских верфей» внедряются новейшие технологии, врачи осваивают новые методики, что позволяет сокращать сроки лечения и реабилитации пациентов.

Кстати, более 70% наших врачей – доктора и кандидаты наук или имеют высшую и первую категорию. Многие прошли обучение в лучших клиниках Европы и России, а некоторые и сами наряду с врачебной практикой ведут научную и преподавательскую деятельность.

– *Игорь Владимирович, как вы относитесь к спорту и к идее создания на верфи молодежной организации?*

– Лично мне спорт как инструмент сплочения коллектива нравится больше, чем водка. А если серьезно – нет сомнений, что спорт сплачивает коллектив. И при тяжелой работе судостроителя очень важно, чтобы люди поддерживали себя в хорошей физической форме.

Очевидно, что администрация верфи и морально и материально поддерживает все спортивные мероприятия.

Что касается молодежной организации – это, безусловно, нужное направление в развитии любого предприятия. Но перед ее созданием нужно четко определить, какие задачи мы ставим перед этой общественной организацией. Главный смысл ее существования я вижу в том, чтобы молодой человек не только работал на предприятии, но и хотел проводить досуг вместе с товарищами по работе. Отчасти спорт и молодежная организация связаны – совместные общественные дела, как и спорт, безусловно, сплачивают коллектив и являются для человека дополнительным аргументом, чтобы остаться на этом предприятии.

Хороший дружный коллектив, с которым можно не только поработать и пополнить какую-то задачу, заработать денег, но и провести досуг – что может быть лучше! Поэтому я полностью «за» создание молодежной организации. И в настоящее время этот вопрос всесторонне прорабатывается совместно с профсоюзной организацией. Как только мы выработаем единый подход к целям и задачам этой организации, так она начнет функционировать на нашем предприятии.

Беседовала Светлана ВАСИЛЬЕВА

21 февраля 2013 г. состоялось отчетно-выборное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

На собрании присутствовали директор или заместители директоров 39 предприятий из 44 предприятий – членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, председатель Комитета промышленной политики и инноваций Правительства СПб М.С. Мейксин, председатель постоянной Комиссии по промышленности, экономике и собственности Законодательного Собрания Санкт-Петербурга Ю.А. Гатчин, первый вице-президент СПП Санкт-Петербурга В.Н. Иванов, представители НТО им. акад. А.Н.Крылова, прессы и телевидения.

Президент Ассоциации В.Л. Александров познакомил собравшихся с итогами работы в 2012 г. по программе «Наука. Промышленность. Инновации», в том числе судостроителей, и задачами на 2013 г.

Было отмечено, что судостроение остается одной из важных отраслей промышленности Санкт-Петербурга, где сконцентрировано около 80% научно-технического потенциала отрасли.

Рост производства в судостроении составил 125,8%, а объем выпущенной продукции только по верфям – 33 млрд. руб. В судостроении города занято более 50 000 человек, средняя зарплата составляет 39 000 руб., что выше среднего по промышленности города.

В настоящее время в Санкт-Петербурге создается консультативно-совещательный орган при Полпредстве по вопросам формирования и выполнения гособоронзаказа и в марте этого года воссоздан Промышленный совет города.

С докладом «Анализ основных целевых статей расхода бюджета страны на 2013 г. для судостроения в сравнении с другими отраслями ВПК» выступил председатель Комитета промышленной политики и инноваций правительства Санкт-Петербурга



М.С. Мейксин.

В распределении бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2013–2015 гг. по проектам госпрограмм РФ будут участвовать девять предприятий – членов Ассоциации. Общая сумма бюджетных средств на эти цели составляет 814 млн.руб. Как показал анализ, в 2015 г. объемы финансирования для Санкт-Петербургских предприятий – членов Ассоциации уменьшатся в 8 раз, а по распределению бюджетных ассигнований судостроение по-прежнему

ОТЧЕТНО-ВЫБОРНОЕ СОБРАНИЕ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

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



Слева направо: В. Г. Левченко, В. Л. Александров, А. В. Кузнецов

му отстает от авиапрома в 2,8 раза, а от атомпрома почти в 6 раз.

Отчет исполнительной дирекции Ассоциации о работе в 2012 г. представил эксперт Ассоциации, зам. генерального директора завода «Пелла» И.Л. Вайсман.

Он отметил, что работа Ассоциации с профсоюзными организациями судостроителей активизировалась, это выразилось в регулярной отчетности по ранее принятым двухсторонним соглашениям и в подготовке трехсторонних соглашений на последующий период с участием администраций города и области.

Укрепилось сотрудничество с общественными организациями города.

Исполнительная дирекция совместно с Торговым представительством при Посольстве Франции в России подготовила и провела представительную франко-российскую конференцию по судостроению и под руководством НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова приняла участие в подготовке и проведении 4-й Всемирной технологической конференции по судостроению.

Подготовлены согласованные планы работы Ассоциации и смета расходов на 2013 г.

Кроме того, присутствующие рассмотрели заявления о приеме в Ассоциацию ООО «Балтийский завод. Судостроение» и Судостроительного профессионального лица № 25. Вопрос был решен положительно.

А. А. Юрчак, исполнительный директор Ассоциации, напомнил, что решением общего собрания от 12 февраля 2009 г. Ассоциация поддержала идею Союза ветеранов судостроения и Морского Совета города об учреждении Дня судостроителя, а решением от 27.09.2012 г. согласилась с мнением ряда общественных организаций с датой его проведения – 30 октября. В этот день в 1696 г. Боярская Дума решила «флоту быть».

Депутат Законодательного Собрания Санкт-Петербурга Ю.А. Гатчин сообщил, что законопроект об учреждении регионального профессионального праздника «День судостроителя» Санкт-Петербурга уже прошел в первом чтении. Участники собрания высказали пожелание, чтобы «День судостроителя» получил статус всероссийского праздника и отмечался одновременно на всей территории Российской Федерации.

В обсуждении вопросов повестки дня приняли участие В.Л.Александров,



А.Н. Алешкин, К.П. Борисенко, С.И. Буянов, А.Э. Вознесенский, В.Н. Глебов, А.Л. Женаев, В.Г. Левченко, Т.И. Чекалова,

М.В. Моцак, а также А.А. Юрчак.

Заместитель генерального директора корпорации ООО «ЭДВАНС-С» А.Н. Могильный ознакомил с проектом соглашения о сотрудничестве с Ассоциацией. Корпорация, которая имеет большой опыт промышленного строительства не только в Санкт-Петербурге, но и в других регионах страны, и может быть полезна в качестве генподрядчика при модернизации и создании новых производственных мощностей судостроения. Было рекомендовано руководству Ассоциации подписать Соглашение о взаимовыгодном сотрудничестве между Ассоциацией и корпорацией ООО «ЭДВАНС-С».

В заключение президентом Ассоциации на очередной срок был избран В.Л. Александров, вице-президентами Ассоциации – А.В. Кузнецов и В.Г. Левченко.

В состав исполнительной дирекции Ассоциации вошли Т.Ю. Мишина, О.П. Прокофьев, В.А. Серегин, А.А. Юрчак. ■

Управленческие решения по использованию корабельной энергетической установки (ЭУ) реализуются непосредственно личным составом на боевых постах (обслуживающим персоналом) и во многом определяются качеством его деятельности. В свою очередь, качество деятельности обслуживающего персонала зависит от уровня его профессиональной подготовленности.

Начальным этапом профессиональной подготовки личного состава является оценка профессиональной пригодности, которую следует выполнять до начала профессиональной подготовки и отбор при выборе профессиональной ориентации.

Рассмотрим основные элементы теории информации, поскольку неизменными условиями работы системы обучения являются получение, обработка, хранение и передача различного рода информации.

Любое сообщение, любая информация есть совокупность сведений о некоторой физической системе. Сообщение имеет смысл только тогда, когда его содержание заранее неизвестно. Например, некоторое сообщение x «нарушение режима работы системы охлаждения», которое имеет конечное множество состояний: x_1 «неисправность охлаждающего насоса», x_2 «большое количество включенных потребителей охлаждающей воды», x_3 «засоренной приемной решетки охлаждающего насоса», x_n «Закрытие или неисправность клапана слива системы охлаждения», с вероятностями $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$. В качестве меры априорной неопределенности системы используют специальную характеристику системы – энтропию. Энтропией $H(X)$ системы X называют взятую с обратным знаком сумму произведений вероятностей различных состояний системы на логарифм этих вероятностей

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i. \quad (1.1)$$

Энтропия обладает рядом свойств, оправдывающих ее выбор в качестве меры неопределенности:

- обращается в нуль, когда одно из состояний системы достоверно, остальные невозможны (поскольку вероятность достоверного события $p = 1$, а $\log 1 = 0$);
- обращается в максимум, когда все состояния системы равновероятны;
- увеличивается с увеличением числа состояний;
- обладает свойством аддитивности, т.е. при объединении нескольких независимых систем в одну их энтропия складывается.

Единица измерения энтропии зависит от принятого основания логарифма в формуле (1). Если используется основание 2 (двоичный логарифмом $\log_2 P_i$),

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЛИЧНОГО СОСТАВА

В.В. Барановский, д-р техн. наук, проф.,
А.Н. Кондратенко, канд. техн. наук, докторант,
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,
контакт. тел. (812) 431 9408, 8 911 979 2331

то энтропию измеряют в двоичных единицах – битах. Тогда используется основание e (натуральный логарифм $\ln P_i$), то энтропию измеряют в натах.

В результате получения сведений о физической системе ее неопределенность может быть уменьшена. Чем больше информации о системе, тем меньше неопределенность ее состояния. Поэтому количество информации измеряется уменьшением энтропии системы

$$I_1 = H(X) - H_1(X). \quad (2)$$

Количество информации, приобретенное при полном выяснении состояния физической системы, равно энтропии этой системы:

$$I_x = H(X) - 0 = -\sum_{i=1}^n p_i * \log p_i. \quad (3)$$

Теория информации позволяет решать ряд задач при планировании и организации системы подготовки личного состава и прогнозировании ее результатов. Основная трудность при этом заключается в составлении информации о системе (I). Речь идет о том, что для каждого заведующего опытными специалистами должна быть составлена полная или конкретная информация о его заведении, наподобие той, что приведена выше в качестве примера. Для реализации системного подхода в эту информацию должны войти сведения не только об устройстве изделия или системы, правила его эксплуатации и предупреждения аварийности, но и о взаимодействии механизмов и систем заведования конкретного специалиста с другими системами и механизмами и характере их проявления.

Еще одна трудность возникает при обеспечении объективного контроля за ходом процесса обучения. Традиционные формы контроля требуют значительных затрат времени для опроса всех обучаемых, кроме того, качество устного контроля зависит от индивидуальных особенностей, уровня подготовки и опыта офицера-руководителя. Часто недостаток времени делает ус-

тный контроль формальным, а оценки необъективными. Указанных недостатков лишен тестовый контроль. А наличие на корабле соответствующего программного обеспечения делают его незаменимым для массового контроля знаний обучаемых. Главными преимуществами тестового машинного контроля являются: массовость, оперативность, объективность, возможность быстрой статистической обработки результатов контроля, экономия времени.

После сбора и обработки информации о системе и тестовых карт задачи планирования и прогнозирования результатов подготовки личного состава существенно упрощаются. В основу планирования положена зависимость уровня профессиональной подготовки от времени, затраченного на эту подготовку, полученная на основе теории информации и носящей наименование математической модели обучаемости:

$$Q(t) = Q_{np} - (Q_{np} - Q_0) e^{-t/t_c}, \quad (4)$$

где $Q(t)$ – функция уровня профессиональной подготовленности (уровень полученных знаний в результате усвоения информации о системе) в зависимости от времени, затраченного на ее усвоение. Практически $Q(t)$ оценивается количеством правильных ответов в результате тестирования; Q_{np} – предельный уровень подготовленности оператора, соответствующий потенциальным возможностям усвоения информации о системе данного типа, если время на его подготовку будет бесконечно большим; Q_0 – исходный уровень подготовленности оператора, т.е. до начала процесса обучения, характеризует начальный уровень знаний конкретного специалиста предметной области, приобретенный им либо в учебном отряде, либо путем передачи опыта другими специалистами и т.д.; t – время, затраченное на специальную подготовку; t_c – коэффициент, характеризующий способности оператора к обучению.

Коэффициент t_c , выраженный в единицах времени, характеризует время достижения оператором предельного уровня Q_{np} при условии, что зависимость уровня подготовленности от времени носит линейный характер (см. касательную к кривой обучаемости, проведенную из точки с координатами $Q(t) = Q_0$ и $t = 0$ на рис. 1). Очевидно, что более крутой характер касательной характеризует оператора как более способного к обучению.

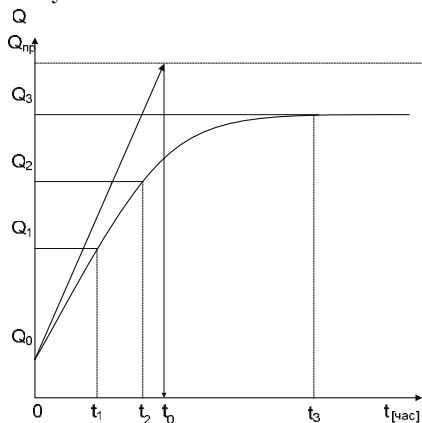


Рис. 1. Зависимость уровня подготовленности оператора от времени, затраченного на его подготовку (обучения)

Зависимость (4) достаточно наглядно характеризует динамику роста уровня профессиональной подготовленности оператора с течением времени, затраченного на его подготовку.

При использовании зависимости (4) необходимо определиться со способами нахождения Q_{np} , Q_0 и t_0 , которые фигурируют в выражении константы. Значение Q_0 первоначально можно определить по количеству правильных ответов в результате тестирования до начала занятий по специальности. Учитывая, что при первоначальном тестировании в Q_0 могут войти случайно угаданные ответы, данную величину можно уточнять в процессе специальной подготовки по зависимости (5), построенной по трем точкам экспериментальной кривой (см. рис. 1). Для этого через промежутки времени t_1 ; $t_2 = 2t_1$; и $t_3 = 4t_1$ необходимо определить соответствующие уровни значений Q_1 , Q_2 и Q_3 , после чего можно Q_0 найти по выражению из [1, 3]:

$$Q_0 = Q_1 - \frac{(Q_2 - Q_1)^2}{2(Q_3 - Q_2)} \times \left(1 + \sqrt{\frac{4Q_3 - 3Q_2 - Q_1}{Q_2 - Q_1}}\right). \quad (5)$$

Для определения Q_{np} и t_0 могут быть использованы выражения (6)–(9) [1, 3]:

- для одной точки экспериментальной кривой

$$Q_{np} = \frac{Q_1 - Q_0 * e^{-t_1/t_0}}{1 - e^{-t_1/t_0}}; \quad (6)$$

$$t_0 = \frac{t_1}{\ln[(Q_{np} - Q_0)/(Q_{np} - Q_1)]}. \quad (7)$$

или точнее для двух точек экспериментальной кривой

$$Q_{np} = \frac{Q_1^2 - Q_0 * Q_2}{2 * Q_1 - (Q_2 + Q_0)}; \quad (8)$$

$$t_0 = \frac{t_1}{\ln[(Q_1 - Q_0)/(Q_2 - Q_1)]}. \quad (9)$$

Таким образом, построенная математическая модель обучаемости, представляющая собой математическую формализацию процесса профессиональной подготовки операторов на основе выходных показателей, характеризующих этот процесс, без раскрытия его микроструктуры, позволяет решать важные практические задачи, составляющие основу системы профессиональной подготовки специалистов, обслуживающих корабельную ЭУ.

При реализации предложенной математической модели на практике с целью интенсификации процесса специальной подготовки личного состава необходимо учитывать, что после достижения человеком определенного уровня знаний, если к ним не обращаться, начинается фаза деградации или потери знаний, что объясняется свойствами человеческой памяти. Обычно различают три вида памяти [2, 4]: *непосредственную* (оперативную), *кратковременную* и *долговременную*.

Поступившие от органов чувств сведения 10–15 секунд (до 160) хранятся в оперативной памяти. Большая часть из них теряется, а меньшая (3–4%) при обязательном повторении переходит в кратковременную память, где она хранится 24–48 часов, в течение которых большая часть теряется, а меньшая (10% поступившей, или 0,3–0,4% первоначальной) переходит в долговременную память.

Рассмотренные свойства памяти человека показывают необходимость повторений как при запоминании информации, так и для ее сохранения.

Очевидно, что существующая на флоте система специальной подготовки (два занятия в неделю) построена без учета свойств памяти человека и нуждается в корректировке. При подготовке к сдаче курсовых задач и т.п. для повышения темпа изучения специальности следует проводить три-четыре занятия в неделю (в зависимости от сложности специальности). Каждая тема должна повторяться через сутки-двое, затем через 10–15 и в через 30–45 суток. Поэтому существующая двухразовая периодичность проведения занятий по специальности может быть рекомендована только для повторения пройденных тем с целью запоминания и сохранения информации, т.е. лишь

после сдачи курсовых задач. На рис. 2 представлена кривая роста и восстановления знаний.

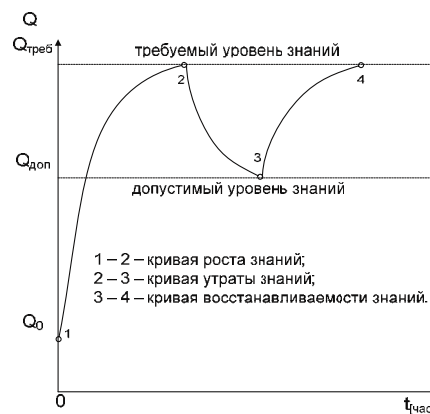


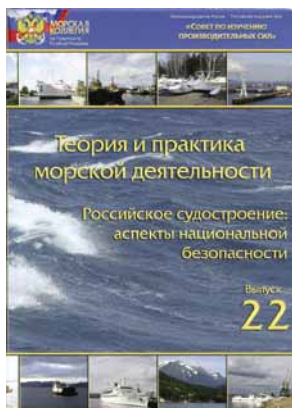
Рис. 2. Кривая роста и восстановления знаний

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинченко В.П. Введение в эргономику. – М.: «Сов. Радио», 1974.
2. Основы инженерной психологии /Под ред. В.Ф. Ломова. – Высшая школа, 1986.
3. Трапезников В.А. Управление и научно-технический прогресс. – М.: Наука, 1983.
4. Михальский В.А., Безун В.И. Научно-естественные основы и оптимальные методы обучения. – Л.: Изд. ВСОК ВМФ, 1991. ■

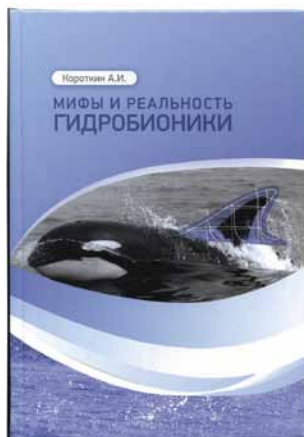
Рецензенты:

Л.С. Венцюлис, д-р техн. наук, проф. Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН.
Г.С. Ясаков, д-р техн. наук, проф. ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»



«В центре внимания автора настоящей работы, д-ра техн. наук Л.М. Клячко, находятся вопросы инновационного развития самой восприимчивой к технологическим, организационным и институциональным нововведениям отрасли морехозяйственного комплекса России», – отметил во вступительной статье А.М. Коновалов.

В монографии проанализированы состояние и проблемы изучения и освоения минеральных и энергетических ресурсов Мирового океана, а также освещены практически все основные проблемы российского судостроения, а именно: развития научно-исследовательского, промышленного и транспортного флота. Особое внимание уделено такой актуальной за-



Целью предлагаемой вниманию читателей книги, автором которой является гидромеханик, доктор технических наук, профессор А.И. Короткин, было исследовать одну из основных проблем гидробионики – «парадокс Грея». Сам Д. Грей сформулировал без объективных доказательств этот парадокс в следующем виде: «Если мускульная сила дельфина равна мускульной силе (на 1 кг массы) других млекопитающих животных, то вода, обтекающая дельфина, должна оказывать сопротивление в десять раз меньше, чем при обтекании твердой модели. Отсюда следует, что природное строение дельфина во много раз превосходит по энерговооруженности такие произ-

РОССИЙСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ: АСПЕКТЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Л.М. Клячко. Российское судостроение: аспекты национальной безопасности. Теория и практика морской деятельности. – Вып. 22: / Науч. редактор серии чл.-корр. РАН Г.Г. Фетисов. Ответ. редактор канд. техн. наук А.М. Коновалов. – М.: СОПС, 2012. – 268 с.

даче, как создание комплексной системы безопасного нефтегазового комплекса на континентальном шельфе. Автор показал, что решение накопившихся проблем немислимо вне рамок междисциплинарного подхода, включающего весь спектр политических, экономических, военных, социальных, правовых, информационных и других факторов.

Свои выводы автор книги делает, исходя из анализа приоритетов национальной безопасности и хода реализации Морской доктрины РФ на период до 2020 г. (в части судостроительной промышленности).

Не обойдены сниманием автора и опыт зарубежного судостроения, в частности Финляндии, Италии и Японии, что всегда полезно.

В приложении перечислены вопросы, рассмотренные на заседаниях секции

по судостроению Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве РФ.

Таким образом, автором предпринята попытка обобщить интеллектуальные наработки секции, которая на протяжении своей пятилетней деятельности выявляла возникающие проблемы и формулировала рекомендации по их решению. И хотя в настоящее время лишь 30% решений Морской коллегии реализованы, автор надеется на успешное инновационное развитие отечественного судостроения и решение важнейших задач по обеспечению национальной безопасности России.

Книга, несомненно, привлечет внимание не только научных работников государственных учреждений, принимающих практические решения, но и широкого круга читателей, интересующихся вопросами судостроения. ■

МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ ГИДРОБИОНИКИ

Короткин А.И. Мифы и реальность гидробионики. – СПб.: МорВест, 2012. – 88 с., ил.

ведения рук человека, как подводная лодка и торпеды».

Так без объективных доказательств был сформулирован «парадокс Грея». Получение достоверного ответа на вопрос о существовании обсуждаемого парадокса является достаточно важной задачей. В случае положительного решения следует признать существование у дельфинов каких-то неизвестных пока способов снижения сопротивления, поскольку удельная мощность мышц всех млекопитающих примерно одинакова. Определение этих способов снижения сопротивления и их использование в технических приложениях могло бы стать конечной целью данного направления бионических исследований.

В результате различных оценок «парадокса Грея» сделан вывод о соответствии сопротивления при движении в воде дельфина сопротивлению воды его твердой модели при аналогичных условиях движения. Таким образом, установлено, что «парадокса Грея» не существует. В работе содер-

жатся также оценки некоторых гидродинамических особенностей летучих рыб, меченосных рыб и скатов, обитающих вблизи дна Черного моря. Результаты экспериментальных исследований, изложенные в настоящей работе, свидетельствуют об отсутствии гидродинамических «парадоксов» при движении водных животных типа дельфинов и рыб. Это утверждение не отрицает высокую степень совершенства внешних форм этих животных с точки зрения их приспособления для движения в водной среде. Сформулированный вывод в области гидродинамики водных животных не отрицает возможные «открытия» в области других направлений бионики (см. «Введение» к настоящей работе), о которых должны судить соответствующие профессиональные специалисты.

Материалы книги, тираж которой, правда, небольшой – всего 500 экз., могут быть полезны в инженерных приложениях или проектировании элементов форм аппаратов, движущихся в твердой среде. ■

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 629.5.Е30 Ключевые слова: суда внутреннего плавания, пассажирские суда, речные круизы, проектирование, путевые условия, главные размерения

Г. В. Егоров. Анализ путевых условий в предполагаемых районах работы круизного пассажирского судна «Волго-Балт макс» класса // Морской вестник. 2013. № 2. С. 11

Выполнен анализ путевых условий для концепта круизного судна «Волго-Балт макс» класса и обоснованы главные его размерения. Это суда, размеры которых определяются условиями Волго-Балтийского водного пути, пассажироместимостью около 500 человек. Предполагается эксплуатация этих судов на линиях, соединяющих порты Санкт-Петербург и Москва. Т.25. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.083.5 : 519.248.62 Ключевые слова: технологические процессы, управление технологическими процессами судоремонта, стохастические модели управления, имитационное моделирование, оптимизация технологических процессов

Н. М. Вихров, А. П. Нырк, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко. Стохастические модели управления технологическими процессами судоремонта // Морской вестник. 2013. № 2. С. 17

Для повышения эффективности управления технологическими процессами судоремонта предложен метод стохастического моделирования в рамках автоматизированных систем управления процессами. Ил. 2. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.039.533 Ключевые слова: каюта, кабина, объект морской техники, поточное производство по предметно-замкнутому принципу

А. Г. Филимонов. Целесообразность внедрения системы формирования помещений в рамках общей концепции оснащения судов и морских объектов // Морской вестник. 2013. № 2. С. 23

Знакомит с концепцией централизованного изготовления блок-модульных кают мелкими и крупными сериями для объектов морской техники. Т.1.

УДК Ключевые слова: информационная технология, база знаний, классификация, ПО

Бай Хиалонг (Bai Xiaolong), А. Н. Сулов, И. В. Щербаков. Формирование электронной базы знаний для проектирования и постройки судна // Морской вестник. 2013. № 2. С. 25

О формировании электронной базы знаний на основе классификатора судна SFI Group System, созданного Норвежским исследовательским судостроительным институтом. Обозначены возможности программы по работе с базой знаний. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.12.037.21 Ключевые слова: пропульсивный комплекс, привод Арнесона, безразборные методы диагностики, частично погруженные винты

Н. И. Николаев, М. В. Гриценко, А. С. Жильцов. Анализ условий эксплуатации пропульсивных комплексов с частично погруженными винтами // Морской вестник. 2013. № 2. С. 28

Двухвалльные пропульсивные комплексы с частично погруженными винтами применяются на судах различного назначения. Анализ загрузки исследуемых судов показал низкую интенсивность их эксплуатации. Отказы наблюдались на всех пропульсивных комплексах. На базе судов с приводами Арнесона была начата разработка методик контроля технического состояния пропульсивного комплекса на основе безразборных методов диагностики. Т.1. Ил. 18. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.396 Ключевые слова: оптимальная настройка, область работоспособности, судовое электротехническое устройство

А. В. Саушев. Оптимальная настройка судовых электротехнических устройств // Морской вестник. 2013. № 2. С. 31

На примере устройства допускового контроля частоты сети судовой электростанции рассмотрена задача оптимальной настройки судовых электротехнических устройств. Предложен метод настройки, позволяющий с единых позиций определять допустимые пределы изменения настраиваемых параметров, их оптимальные значения и максимально допустимые шаги квантования. Основу метода составляет информация о границе области работоспособности устройства. Т. 3. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.43 Ключевые слова: молекулярная модификация моторного топлива, октановое число, дефектация деталей ДВС, ресурс ДВС

В. Г. Мурамович, Д. В. Сулов. Энергоэффективность модификаторов моторного топлива // Морской вестник. 2013. № 2. С. 35

Приведены результаты длительных (ресурсных) испытаний бензиновых двигателей, на которых применялась технология молекулярной модификации топлива (ММТ). Показаны экономический и экологический эффекты от применения этой технологии в начале и конце 80-часового цикла испытаний. Сделаны выводы о ресурсе ДВС с молекулярными модификаторами топлива. Т. 2. Ил. 4

УДК 621.311.1 Ключевые слова: корабль, электродвижение, энергетическая установка, ЦМКБ «Алмаз»

К. Г. Голубев. Энергетические установки кораблей с электродвижением // Морской вестник. 2013. № 2. С. 38

О проектировании в ОАО ЦМКБ «Алмаз» кораблей и судов с полным и частичным электродвижением на базе современной техники. Рассмотрен состав энергетической установки этих кораблей. Ил. 6

УДК 621.311:629.12 Ключевые слова: блок сепарации, теплообменник, разработка

И. С. Суховинский, В. Ю. Макаров, П. В. Наливкин. Внедрение установок подготовки топлива и высокоэффективного теплообменного оборудования в судовые системы // Морской вестник. 2013. № 2. С. 39

Знакомит с разработкой машиностроительного предприятия «Винета» – теплообменником, имеющим меньшие габариты, чем кожухотрубчатые аппараты. Сейчас он проходит стендовые испытания на предмет соответствия фактических теплотехнических и гидродинамических параметров его спецификационным данным. Особое внимание уделено разработке блока сепарации для комплексной подготовки топлива и масла. Ил. 5.

УДК 621.3 Ключевые слова: суда и морские объекты, электроэнергетическая система напряжением 6 (10) кВ, диагностика высоковольтного электрооборудования, мониторинг состояния работоспособности

М. П. Тихомиров, А. А. Неёлов, С. С. Стародед. Определение задач мониторинга электрооборудования в судовых ЭДС средствами диагностики // Морской вестник. 2013. № 2. С. 43

Приведена классификация электрооборудования по последствиям отказов и определены методы диагностики для использования принципа технического обслуживания по фактическому состоянию. Библиогр. 1 назв.

УДК 629.5:064 Ключевые слова: судовые энергетические установки, газовые двигатели, двухтопливные двигатели, газовое топливо, сжиженный природный газ

А. И. Домрачев, С. А. Ручин. Применение газового топлива в судовых энергетических установках // Морской вестник. 2013. № 2. С. 44

Проанализированы современное состояние и перспективы развития судовых энергетических установок, способных работать на газовом топливе с учетом вводимых требований к выбросам судовых энергетических установок, энергоэффективности судов, а также правил и конвенций, разрешающих использование газового топлива на судах. Рассмотрены виды и характеристики газового топлива и способы его хранения на судах. Выполнен анализ типов судовых газовых и двухтопливных

(дизельное/газовое топливо) ДВС. Т. 9. Ил. 3. Библиогр. 26 назв.

УДК 658.5.011 Ключевые слова: «Армалит-1», производство, развитие, концепция

Ю. Ю. Залмина, В. Н. Череватенко. ОАО «Армалит-1» о концепции развития производства трубопроводной арматуры // Морской вестник. 2013. № 2. С. 51

Рассказано о планах развития предприятия, создании собственного КБ, обновлении центральной заводской лаборатории, которая аккредитована Федеральным агентством по испытаниям и сертификации в качестве современного аналитического центра. Также внимание уделено кадровой политике и перспективам развития предприятия. Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.039.58 Ключевые слова: транспортная ядерная энергетическая установка, атомная подводная лодка, безопасность, частота аварий, риск

Н. Я. Щербина. К оценке безопасности эксплуатации транспортных ядерных энергетических установок // Морской вестник. 2013. № 2. С. 55

Рассмотрено использование транспортных ядерных энергетических установок (ЯЭУ) на атомных подводных лодках, которые длительное время находились в эксплуатации, а в настоящее время выведены из нее и утилизированы. Дана оценка частоты и риска катастроф подводных лодок с ЯЭУ, а также риска радиационных аварий. Т.7. Ил. 4. Библиогр. 14 назв.

УДК 623.4.023 Ключевые слова: информация, комплексное освещение надводной обстановки, энтропийный показатель качества, системный анализ

Г. А. Коржавин, Ю. Ф. Подоплечкин, О. Г. Мальцев. Системный анализ корабельного интегрированного комплекса освещения надводной обстановки по энтропийному показателю качества информации // Морской вестник. 2013. № 2. С. 59

Обсуждается возможность и целесообразность объединения отдельных источников информации о надводных целях корабля в интегрированный комплекс освещения надводной обстановки. Рассматривается информационный аспект системотехнического исследования интегрированного комплекса освещения надводной обстановки и рассчитываются оценки количества информации, получаемой при отображении и классификации целевой обстановки. Приводится методика построения энтропийного показателя качества информации, включающего в себя такие частные показатели, как полнота, точность отображения и достоверность классификации целевой обстановки. Т.3. Библиогр. 8 назв.

УДК 534.222.2 Ключевые слова: маломерное судно, регистратор, автоматический поиск, подъем

С. А. Бахарев, Г. П. Дремлюга, С. Е. Новиков, А. В. Рожников. Автоматический поиск и подъем маломерных судов прибрежного мореплавания, а также автоматических регистраторов судов // Морской вестник. 2013. № 2. С. 65

Проанализированы причины низкой эффективности поиска маломерных судов. Для обеспечения экологической безопасности прибрежного рыболовства и мореплавания, а также оперативного поиска на большой площади автоматических регистраторов («черных ящиков») судов предлагается использовать проводниковую систему «ГАРД». Приведены результаты многолетнего успешного применения этой системы в промышленном рыболовстве и добыче углеводородов на континентальном шельфе. Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 12 назв.

УДК 678.026.2 405.8:621.314 Ключевые слова: геопространственная информация, представление, системы корабельного вооружения

В. А. Цуварев, Ю. Г. Тварин. К вопросу о технологии представления геопространственной информации в системах корабельного вооружения // Морской вестник. 2013. № 2. С. 70

О возможностях применения и внедрения геопространственной информации (ГИС) в процессы

управления силами и применения корабельного вооружения в целях повышения качества и оперативного информационного обеспечения управленческой деятельности должностных лиц. Ил.3. Библиогр. 3 назв.

УДК 681.518 **Ключевые слова:** оператор, ошибка, алгоритм, попарное сравнение, инструкция, эталон, функциональная сеть, операция, управление

В. В. Кобзев, Ю. А. Кузнецов, И. В. Телюк, Д. К. Шилов. Идентификация ошибок оператора при обработке на тренажере // Морской вестник. 2013. № 2. С. 73

Предложен подход к идентификации ошибок оператора при отработке на тренажере на основе метода эталона. Рассмотрены основные виды ошибок и их определение на конечном множестве операций управления. Показано определение ошибок в последовательных и ветвящихся структурах. Приводится методический пример. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 651.6 **Ключевые слова:** морской объект, безопасность, обеспечение, системы освещения подводной обстановки, сбор информации

И. А. Морьяков, Д. Б. Силин. Обеспечение безопасности особо важных морских объектов // Морской вестник. 2013. № 2. С. 77

Знакомит с одной из последних разработок – комплексом технических систем безопасности (ИКТСБ), обеспечивающим функционирование жизненно важных элементов объекта в едином информационном поле, возможность оперативного реагирования подразделениями охраны в чрезвычайной ситуации. Особое внимание уделено комплексной системе безопасности акватории с использованием активных гидроакустических средств. Ил. 3

УДК 621.396.932.1:629.783 **Ключевые слова:** DGPS-станция, дифференциальные поправки, точность координат

Ю. А. Комаровский. Влияние погодных условий на свои приёма дифференциальных поправок морских DGPS-станций // Морской вестник. 2013. № 2. С. 81

В результате обработки экспериментальных наблюдений за работой судового приёмника GP-37 обнаружено отрицательное воздействие циклонической активности на приём дифференциальных поправок. Т. 2. Ил. 5. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5.083:623.827 **Ключевые слова:** подводная лодка, экипаж, авария, спасание

В. Н. Илюхин. Подводные технологии при спасании экипажей аварийных подводных лодок // Морской вестник. 2013. № 2. С. 85

При проведении сложнейших операций по спасанию экипажей аварийных подводных лодок, лежащих на грунте, применяется целый комплекс подводных технологий, включая и самые последние достижения науки и техники. При сравнении тенденций развития этих технологий в различных странах выявляются общие направления и отличия, которые обусловлены различными факторами. Определяющими среди них являются уровень обеспеченности живучести подводных лодок и состояние сил и средств поисково-спасательного обеспечения (ПСО). Т.1. Ил. 8.

И. А. Степанюк, Н. С. Фролова, А. В. Зимин. Связь между характеристиками штормгласа и электромагнитными возмущениями // Морской вестник. 2013. № 2. С. 91

Исследована реакция штормгласа (колбы Фицроя) на возмущения переменного электромагнитного поля в области частот 7-8 Гц, так как именно эта частотная область представляет наибольший интерес с точки зрения экстремальных гидрометеорологических событий. Однако, несмотря на существующие сообщения о реакции штормгласа на такие события, открытым остается вопрос о механизме влияния гидрометеорологических явлений на процессы в штормгласе. Ил. 8. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** ОАО «Северная верфь», Система экологического менеджмента, внедрение

М. М. Лукьянова, И. О. Ивановский. Опыт внедрения и функционирования Системы экологического менеджмента на «Северной верфи» // Морской вестник. 2013. № 2. С. 93

Благодаря созданию на заводе Системы экологического менеджмента достигнут хороший результат: прекращен сброс неочищенных сточных вод в водоем, упорядочена деятельность подразделений завода по обращению с отходами производства и потребления, установлены требования по экологической безопасности в заводской технологической документации и др. Работа

предприятия отмечена дипломами и почетными грамотами. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 551.46.077:529.584 **Ключевые слова:** подводный глайдер, перспективы развития

И. В. Кожемякин, К. В. Рождественский, В. А. Рыжов А. В. Смольников, Е. И. Татаренко. Подводный глайдер: вчера, сегодня, завтра. Часть 2 // Морской вестник. 2013. № 2. С. 98

Эта статья продолжает работу тех же авторов «Подводные глайдеры: вчера, сегодня, завтра». Часть 1. См. Морской вестник, март 2013, №1 (45).

Дана оценка современного состояния и перспективы развития технологии подводных глайдеров (ПГ) - автономных необитаемых подводных аппаратов, движущихся посредством изменения плавучести. Подробно описаны технические особенности наиболее паробрированных ПГ первого поколения, имеющих конфигурацию тел вращения с крыльями (ТВК), находящихся в стадии разработки и тестирования ПГ второго поколения в виде летающего крыла (ЛК), гибридных глайдеров, в которых движение осуществляется как за счет изменения плавучести, так и посредством применения движителей, а также волновых глайдеров (ВГ), функционирующих в основном за счет энергии волн. Ил. 14. Библиогр. 10 назв.

УДК 551.46.077:529.584 **Ключевые слова:** АНПА, подводные глайдеры, механизм изменения плавучести

К. В. Рождественский, В. А. Рыжов. Оценка времени вертикального погружения тела, оснащенного механизмом изменения плавучести // Морской вестник. 2013. № 2. С. 101

Предложен метод оценки времени вертикального погружения тела в виде прочного корпуса, оснащенного механизмом изменения плавучести. При этом участки ускоренного, равномерного и замедленного движения рассмотрены раздельно. Для заданной глубины определяются времена прохождения и длины участков ускорения, установившегося движения и торможения для тел в конфигурации цилиндра и шара. В работе учитывается конечность времени изменения плавучести. В предположении мгновенного изменения плавучести получены аналитические описания процессов ускорения и торможения. Результаты могут быть полезны при проектировании подводных глайдеров и «ныряющих» буюв, а также при разработке их автоматики. Ил. 14. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.124: 532 **Ключевые слова:** знакопеременные перекладки рулей, невыход из циркуляции, ухудшение маневренности судна, эффективный угол атаки руля, вторая критическая точка перекладки руля, диаграмма управляемости, фазовая траектория знакопеременного маневра

А. Б. Ваганов, А. С. Костюнин. Исследование свойств маневренности судна при знакопеременных перекладках рулей // Морской вестник. 2013. № 2. С. 107

Проанализированы случаи ухудшения маневренности судна при знакопеременных перекладках рулей. Сформулирован теоретический подход к объяснению случаев невыходов судна из установившейся циркуляции. Выявлен параметр, позволяющий оценить возможное минимальное значение угла обратной перекладки для выполнения маневра с заданной скоротечностью. Получены расчетные данные, иллюстрирующие замедление вращения судна при выполнении маневра «сдерживание». Построена фазовая траектория знакопеременного маневра. Проанализированы результаты натуральных испытаний морского судна и получены данные, подтверждающие наличие зоны ухудшения маневренности. Ил. 9. Библиогр. 9 назв.

УДК 519.67 **Ключевые слова:** балка, отверстие, напряженное состояние, дифракционная волна

А. В. Напитухин. О дифракционных волнах напряженных в районе отверстий в балках и пластинах // Морской вестник. 2013. № 2. С. 111

Описан дифракционный волновой метод определения напряженного состояния балок и пластин в районе отверстий. Рассмотрены дифракционные процессы в пластинах конечных размеров с прямоугольными отверстиями и со щелью. Напряженное состояние в круге дифракции определяется по зависимости для полубесконечного клина, нагруженного силой, направленной вдоль оси клина, и клина с касательной силой, перпендикулярной к его оси. Ил. 6. Библиогр. 10 назв.

УДК 656.614.3 **Ключевые слова:** танкер, нефтепродукт, подогрев груза, теплоотдача, теплопроводность

Ю. Н. Дурнев. Планирование и мониторинг оптималь-

ного режима подогрева груза нефтепродуктов на танкерах // Морской вестник. 2013. № 2. С. 113

Особенность эксплуатации нефтеналивных судов заключается в необходимости поддержания температуры груза по условиям слива в течение рейса, что приводит к значительному расходу топлива. Более экономичен подогрев в конце рейса, так как общая величина потери тепла за рейс будет наибольшей. Использован опыт перевозки нефти и нефтепродуктов на судах ОАО «НОВОШИП». Библиогр. 4 назв.

УДК 339.138 **Ключевые слова:** морское приборостроение, судостроительные компании, маркетинговая политика, управленческие преобразования, промышленное производство, индустриальный сектор

Д. В. Охримский, А. М. Тихоненко. Маркетинговая политика предприятия морского приборостроения в условиях современного рынка // Морской вестник. 2013. № 2. С. 117

Посвящена практическому осмыслению специфики маркетинговой политики предприятий морского приборостроения в условиях современного рынка. Проанализированы изменения в промышленном секторе приборостроения вследствие трансформации мировой индустриальной сферы. Дана характеристика необходимых управленческих преобразований. Показано, что приоритетным направлением маркетинговой политики предприятий морского приборостроения должны стать наиболее крупные и платежеспособные клиенты. Рассмотрены ключевые вопросы востребованности товаров и услуг данного сектора промышленного производства. Ил. 4.

УДК 355/359:001.89 **Ключевые слова:** стоимость нормо-часа, гособоронзаказ, государственный контракт, коммерческий договор, равновесное состояние, учет затрат, ценообразование, целевое использование средств

А. И. Исмаилов, С. Б. Курсин, Н. А. Славина. Оценка стоимости нормо-часа в научно-исследовательской организации, работающей по коммерческим договорам и государственным контрактам (на примере ОАО «ГНИН-ГИ») // Морской вестник. 2013. № 2. С. 119

Отражен практический опыт использования метода «геометрии масс» для оценки стоимости нормо-часа в ОАО «ГНИНГИ», работающей по коммерческим договорам и государственным контрактам. Показано, что в условиях рыночной экономики разнесение затрат между видами договоров и установление стоимости нормо-часа по коммерческим договорам должны происходить с учётом регламентированных организационно-экономических условий и средств на выполнение государственного оборонного заказа. Ил. 1. Библиогр. 6 назв.

УДК 658.53 **Ключевые слова:** ОАО «Адмиралтейские верфи», кадры, зарплата

И. В. Савельев. Кадры решают все // Морской вестник. 2013. № 2. С. 123

Интервью с заместителем генерального директора ОАО «Адмиралтейские верфи» по персоналу и общим вопросам, в котором он знакомит с кадровой и социальной политикой предприятия, способствующей успеху его деятельности. Ил.1

УДК 629.5 **Ключевые слова:** отчет, выборы, Ассоциация судостроителей

Отчетно-выборное собрание Ассоциации судостроителей // Морской вестник. 2013. № 2. С. 125

Сообщение об итогах отчетно-выборного собрания Ассоциации судостроителей. Ил.3

УДК 623.8.001.2 **Ключевые слова:** Математическая модель, профессиональная подготовка, энергетическая установка (ЭУ), модель обучаемости

В. В. Барановский, А. Н. Кондратенко. Математическая модель оценки уровня профессиональной подготовленности личного состава // Морской вестник. 2013. № 2. С. 126

Предложена математическая модель оценки уровня профессиональной подготовленности личного состава. Рассмотрена математическая модель обучаемости, представляющая собой формализацию процесса профессиональной подготовки операторов на основе выходных показателей, характеризующих этот процесс, без раскрытия его микроструктуры. Она позволяет решать важные практические задачи, составляющие основу системы профессиональной подготовки специалистов, обслуживающих корабельную энергетическую установку. Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

УДК 525.235 **Ключевые слова:** штормглас, переменное электромагнитное поле, гидрометеорологические явления.

G.V. Egorov. The analysis of travelling conditions in expected areas of work of the cruise passenger ship of "Volgo-Balt Max" class

The analysis of travelling conditions for a concept of the cruise ship of "Volgo-Balt Max" class is made and its principal dimensions are proved. These are the vessels the sizes of which are determined by conditions of the Volga-Baltic waterway, with a passenger capacity of about 500 people. It assumes operation on the lines connecting the ports of St. Petersburg and Moscow.

N.M. Vikhrov, A.P. Nyrkov, S. S. Sokolov, A.A. Shurenko. Stochastic models of technological procedures of ship-repair management

For increase of efficiency of engineering procedures of ship-repair management, the method of stochastic modelling within automated process control systems is offered.

A.G. Filimonov. Feasibility of implementation of rooms forming system of the general concept of vessel equipment and sea objects

It acquaints with the concept of centralized production of block and modular cabins in small and large batches for objects of sea equipment. V.1.

Bai Xiaolong, A.N. Suslov, I.V. Shcherbakov. Forming of the electronic knowledge base for designing and vessel construction

About forming of the electronic knowledge base on the basis of the qualifier of the vessel SFI Group System created by the Norwegian research ship-building institute. Possibilities of the programme to work with the knowledge base are designated.

N.I. Nikolaev, M. V. Gritsenko, A.S. Ghiltsov. The analysis of service conditions of propulsive complexes with partially shipped screws

Two-shaft propulsive complexes with partially shipped screws are applied on vessels of different function. The analysis of load of researched vessels showed low intensity of their operation. Failures have been observed in all propulsive complexes. On the basis of vessels with Arneson's drives, control techniques development of a technical condition of a propulsive complex on the basis of in-place methods of diagnostics has been commenced.

A.V. Sashev. Optimum setup of ship electro-technical devices

On the example of the device of access control of ship power plant network frequency the task of optimum setup of ship electro-technical devices has been covered. The method of setup allowing to determine admissible limits of adjusted parameters change, their optimum values and the most admissible steps of quantization from single line items is offered. The basis of the method is constituted by information on border of operability area of the device.

V.G. Muramovich, D. V. Suslov. Energy efficiency of modifiers of motor fuel

Results of long (resource) testing of petrol engines on which the technology of the molecular modification of fuel (MMF) applied are given. Economic and ecological effects from application of this technology at the beginning and at the end of an 80-hour cycle of testing are shown. Conclusions about IC-engine resource with molecular modifiers of fuel are drawn.

K.G. Golubev. Energy installations of the ships with electric motion

About designing in JSC the Central Sea Design Office "Almaz" of the ships and vessels with complete and partial electric motion based on modern equipment. The structure of energy installation of these ships has been covered.

On the designing in JSC the Central Sea Design Office "Almaz" of the ships and vessels with complete and partial electric motion based on modern equipment. The structure of energy installation of these ships has been covered.

I.S. Sukhovinsky, V. Yu. Makarov, P. V. Nalivkin. Implementation of installations of preparation of fuel and highly effective heat exchange equipment in ship systems

It acquaints with "Vineta" machine-building enterprise development – the heat exchanger having smaller dimensions than shell and tube heat exchanger. Now it passes bench testing for a subject of compliance of the actual heat technical and hydrodynamic parameters to specification data. The special attention is paid to development of the block of separation for complex preparation of fuel and oil.

M. P. Tikhomirov, A.A. Neyelov, S.S. Staroded. Determination of electric equipment monitoring tasks in ship electromotive force diagnostic aids

Classification of electric equipment on consequences of refusals is given and diagnostics methods for use of the maintenance principle are determined by an actual state.

A.I. Domrachev, S.A. Ruchin. Application of gas fuel in ship energy installations

Current state and prospects of development of the ship energy installations, capable to work at gas fuel taking into account entered requirements to emissions of ship energy installations, an energy efficiency of vessels, and also rules and the conventions resolving use of gas fuel on vessels have been analyzed. Types and characteristics of gas fuel and methods of its storage on vessels have been considered. The analysis of ship gas and two-fuel (diesel/gas fuel) IC-engine types has been made.

Yu.Yu. Zalmina, V. N. Cherevatenko. JSC Armat-1 about the concept of development of production pipeline armature

It is told about enterprise development plans, creation of its own design bureau, updating of the central factory laboratory which is accredited by Federal agency on testing and certification as the modern analytical center. Also the attention is

paid to personnel policy and prospects of development of the enterprise.

N.Ya. Shcherbina. To an assessment of transport nuclear energy installations operation safety

Use of the transport nuclear energy installations (NEI) on nuclear submarines which were in operation for a long time and now are removed from it and utilized is covered. The assessment of frequency and risk of catastrophic crashes of submarines with NEI and also risk of radiation accidents is given.

G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin, O. G. Maltsev. The system analysis of the ship integrated complex of illumination of a surface situation by an entropy indicator of information quality

Opportunity and feasibility of consolidation of separate sources of information on the surface target of the ship in the integrated complex of illumination of a surface situation are discussed. Information aspect of system research of the integrated complex of illumination of a surface situation is considered and the assessment of amount of information received in case of display and classification of a target situation are calculated. The technique of creation of an entropy indicator of information quality including such private indicators, as completeness, the accuracy of display and reliability of classification of a target situation is given.

S.A. Baharev, G.P. Dremlyuga, S.E. Novikov, A.V. Rogozhnikov. Automatic search and lifting of small size vessels of coastal navigation, and also automatic recorders of vessels

The reasons of a low performance of small size vessels search are analysed. For providing an ecological safety of inshore fishing and navigation, and also quick search on the big area of automatic recorders ("black boxes") of vessels it is offered to use GARD conduction system. Results of a long-term successful use of this system are given in industrial fishery and hydrocarbon production on a continental shelf.

V.A. Tsuvarev, Yu.G. Tvarin. To the question of technology of geospatial information submission in systems of ship arms

About opportunities of application and implementation of geospatial information (GIS) in management of forces and use of ship arms for the purpose of improvement of quality and operational information support of a management activity of officials.

V. V. Kobzev, Yu.A. Kuznetsov, I.V. Telyuk, D.K. Shilov. Identification of mistakes of the operator when handling the exercise machine

Approach to operator's mistakes identification in case of working off the exercise machine on the basis of a standard method is offered. Main types of mistakes and their determination on a final set of transactions of management are considered. Determination of mistakes in consecutive and branching structures is shown. The methodical example is given.

I.A. Moryakov, D. B. Silin. Safety of especially important sea objects.

Acquaints with one of the last developments – a complex of technical systems of safety (CTSS), providing functioning of vital elements of object in a single information field, possibility of rapid response by protection divisions in an emergency situation. The special attention is paid to complex system of safety of the water area with use of active hydroacoustic means.

Yu.A. Komarovskiy. Influence of weather conditions on of differential amendments acceptance failures of sea DGPS stations

As a result of handling of experimental supervision on operation of the ship GP-37 receiver, negative impact of cyclonic activity on acceptance of differential amendments is revealed.

V. N. Ilyukhin. Underwater technologies in case of emergency submarines crews rescue

When carrying out the most difficult transactions on rescue of emergency submarines crews lying on soil, the whole complex of underwater technologies is applied, including the latest achievements of science and technology. When comparing tendencies of development of these technologies in various countries the general directions and differences which are caused by various factors come to light. Level of security of survivability of submarines and condition of forces and means of the search and rescue provosopn (SRP) are determining.

I.A. Stepanyuk, N. S. Frolova, A.V. Zimin. Communication between storm glass characteristics and electromagnetic indignations

Storm glass reaction (flasks of Fitzroy) on indignations of an alternating magnetic field in frequencies of 7-8 Hz as this frequency area represents the greatest interest from the point of view of extreme hydro-meteorological events is researched. However, despite existing messages on storm glass reactions on such events, there is still a question of the mechanism of hydro-meteorological phenomena influence on processes in a storm glass.

M. M. Lukyanova, I.O. Ivanovskiy. Experience of implementation and functioning of System of ecological management on «Severnaya Verf»

Thanks to creation of System of ecological management at plant a good result has been achieved: dumping of crude sewage in a reservoir has been stopped, activities of plant divisions on handling the production wastes and consumption are ordered, requirements for an ecological safety in factory technological documentation, etc. are established. Work of the enterprise has been noted by diplomas and certificates of honor.

I.V. Kozhemyakin, K.V. Rozhdzestvenskiy, V.A. Ryzhov, A.V.Smolnikov, E.I. Tatarenko. Underwater glider: yesterday, today, tomorrow. Part 2

The article provides an evaluation of the state-of-the-art and perspectives of the development of underwater gliders (UG) –

autonomous unmanned underwater vehicles moving by means of variation of their buoyancy. Described in detail are technical peculiarities of the most validated UG of the first generation configured as bodies of revolution with wings, flying wing type vehicles still in the stage of development and testing, hybrid gliders which combine propulsion by change of buoyancy and that by propulsor and finally of wave gliders, functioning mainly by harvesting the wave energy.

K.V. Rozhdzestvenskiy, V.A. Ryzhov. Estimation of the time of vertical submersion of a pressure hull, equipped with a buoyancy engine

Presented in this paper is a method for estimation of time of vertical submersion of a pressure hull, equipped with a buoyancy engine. Therewith, the segments of acceleration, steady motion and deceleration of the submerging body are considered separately. For a given design depth there are determined time periods and distances for accelerating, stationary and decelerating modes for a cylindrical and a spherical body. This work accounts for finiteness of time of buoyancy variation. Based on the assumption of instantaneous variation of buoyancy, the analytical descriptions have been obtained for the processes of acceleration and deceleration. Results of this work can be useful in design of underwater gliders and «diving» buoys as well as in the development of their automation.

A.B. Vaganov, A.S. Kostyunin. Research of properties of maneuverability of a vessel in case of sign-variable turns of wheels.

Cases of deterioration of maneuverability of a vessel in case of sign-variable turns of wheels have been analyzed. Theoretical approach to an explanation of cases of an non-appearance of a vessel from the established circulation is formulated. The parameter allowing to estimate possible minimum value of a corner back turns for maneuver accomplishment with the set rapidity is revealed. The settlement data illustrating delay of rotation of a vessel in case of accomplishment of maneuver "containment" are obtained. The phase trajectory of sign-variable maneuver is constructed. Results of natural testing of the ocean ship are analyzed and the data confirming availability of a zone of maneuverability deterioration are obtained.

A.V. Napitukhin. About diffraction waves of tension around openings in beams and plates

The diffraction wave method of determination of a tension of beams and plates around openings has been described.

Diffraction processes in plates of the final sizes with rectangular openings and with a crack are considered. The tension in a circle of diffraction is determined by dependence for the semi-infinite wedge loaded with force, directed along a wedge axis, and a wedge with a tangent force, perpendicular to its axis.

Yu.N. Durnev. Planning and monitoring of an optimum mode of petroleum cargo heating on tankers

Feature of operation of oilers is in necessity of maintenance of freight temperature on plum conditions during voyage that leads to a heavy expense of fuel. The heating at the end of flight as the total value of loss of heat for flight will be the greatest is more economic. Experience of an oil shipment and oil products on JSC "Novoship" vessels has been made.

D.V. Okhrimskiy, A.M. Tikhonenko. Marketing policy of the enterprise of sea engineering in the conditions of the modern market

It is devoted to practical judgment of specifics of marketing policy of the enterprises of sea engineering in the conditions of the modern market. Changes in industrial sector of instrument making owing to transformation of the world industrial sphere have been analyzed.

The characteristic of necessary managerial transformations is given. It is shown that priority direction of marketing policy of the enterprises of sea engineering shall become the largest and financially reliable customers. Key questions of a demand of goods and services of this industrial production sector are considered.

A.I. Ismailov, S. B. Kursin, N.A. Slavina. Value assessment of working hour in the research organization working on commercial agreements and public contracts (on the example of JSC "GNINGI")

Practical experience of use of a "geometry of masses" method for a value assessment of working hour per JSC "GNINGI", working under commercial agreements and public contracts is reflected. It is shown that in the conditions of market economy, separation of costs between agreement types and establishment of cost of working hours under commercial agreements shall occur taking into account the regulated organizational and economic conditions and funds for accomplishment of the state defensive order.

I.V. Savelyev. Personnel solves everything

Interview with the deputy director general of JSC "Admiralteskiye Verfion" the personnel and general questions in which he acquaints with personnel and social policy of the enterprise promoting success of its activities.

V. V. Baranovskiy, A.N. Kondratenko. Mathematical model of an assessment of level of professional readiness of staff

The mathematical model of an assessment of level of professional readiness of staff is offered. The mathematical model of learning ability representing formalization of process of professional training of operators on the basis of output indicators, characterizing this process, without disclosure of its microstructure is considered. It allows to solve the important practical problems constituting a basis of system of professional training of specialists, serving ship energy installation.