

Морской



№4(60)
декабрь
2016
ISSN 1812-3694

Вестник

Morskoy Vestnik



2001

www.morvest.ru
www.elibrary.ru
www.perechen.vak.2.ed.gov.ru

2016

Морской Вестник

№4(60)

декабрь

2016

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, и.о. ректора СПбГМУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.О. Барышников, ректор

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

А.С. Бузаков, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор

АО «СПМБМ "Малахит"»

В.В. Дударенко, председатель совета директоров

ООО «Судпромкомплект»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

А.Э. Исаакян, генеральный директор

ООО «Группа «Кронштадт»

Л.М. Клячко, научный руководитель АО «ЦНИИ "Курс"»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

АО «Концерн "Гранит-Электрон"»

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

Л.Г. Кузнецов, председатель совета директоров

АО «Компрессор»

Г.Н. Муру, исполнительный директор АО «51 ЦКТИС»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

С.Б. Сухов, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Экспресс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "Морфлот"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «Пелла»

В.В. Шаталов, генеральный директор

ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- Е.М. Апполонов, А.В. Абрамов, Д.С. Хмара, М.А. Загородников.** Оценка варианта проектирования, строительства и эксплуатации перспективного атомного ледокола 7
- Ю.И. Рабазов.** Опыт проектирования и строительства танкера-бункеровщика для ОАО «ГМК «Норильский никель» 13
- Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, Е.Ю. Дурнев.** Многоцелевое сухогрузное судно смешанного река-море плавания для северного завоза 17
- И.Л. Вайсман, И.И. Машура.** ОАО «Пелла» построило первое в России судно ярусного лова 25
- И.С. Суховинский, К.М. Кляус, П.Ю. Петров.** Создание газоотражательного щита для нужд морской авиации ВМФ РФ 29
- А.С. Соловьев, Д.Н. Егоров.** Проблемы адаптации зарубежных проектов рыболовных судов к условиям российского судостроения 31
- А.С. Гусев, А.И. Короткин.** Экспериментальное исследование структуры вихревых систем вблизи крылового профиля, совершающего вращательные колебания по углу атаки 34
- А.Р. Тогуняц, Л.И. Вишневский, С.В. Капранцев.** Модельные исследования гидродинамических характеристик многофункционального двухступенчатого лопастного движителя за корпусом судна 35
- К 85-летию профессора П.А. Шауба** 39

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- Ю.И. Витенбергский.** Новые документы по стандартизации системы технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ 41
- А.В. Иванкович.** Возможности применения индикаторов в системе стратегического управления 42

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- Гибкая производственная система «Fastems»** для обработки деталей взрывозащищенных электродвигателей 47
- А.С. Петрушенко, А.В. Соколов, О.В. Епифанов.** Практический опыт снижения вибрационно-шумовых характеристик вентильно-индукторных электродвигателей 48
- П.П. Селюта.** Ресурсные испытания открытых зубчатых передач, изготовленных из титановых сплавов 53
- О.О. Лебедев.** Анализ напряженно-деформированного состояния криволинейных труб в процессе чистого изгиба 54
- В.М. Приходько, И.В. Приходько, В.Ю. Лучкин.** Вероятностное описание характеристик срабатывания измерительных элементов защит судовых электроустановок 57
- В.В. Медведев, М.В. Лакиза.** Оценка риска при проектировании и эксплуатации судовых теплообменных аппаратов с учетом загрязнения поверхностей теплообмена 59

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- В.В. Рыбий, Д.В. Казунин, О.Я. Тимофеев, В.А. Беляшов, А.А. Проняшкин, И.Д. Казунин.** Российская ледовая информационная система (ЛИС) – залог успешного освоения Арктики 63



- Ю.Ф. Подоплёкин, Д.А. Шепета, В.А. Ненашев.**
Моделирование входных сигналов бортовой РЛС, обусловленных отражениями зондирующего сигнала от подстилающих поверхностей земли и моря 69
- С.К. Воловцов, А.В. Смольников.**
Устойчивые алгоритмы управления подвижными динамическими объектами с заданным временем переходных процессов 73

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- А. Ф. Зеньков, Н.Н. Неронов, А.М. Шарков, Ю.Н. Балесный.**
О тенденциях развития и перспективах использования технических средств и методов обследования и съемки морского рельефа дна 77
- П.Г. Федоров.** ЭКНИС «Аляска-Ч» – современная электронная навигационная система 83
- А.А. Курносков, К.И. Армашев, В. Ю. Дорофеев.**
Система обеспечения безопасности РФ в Арктическом регионе на основе мобильных подводных робототехнических платформ 87
- Е.М. Балушкин.** Применение современных технологий при разработке мостиковых систем 88
- Г.А. Сорокин, В.Л. Суслов.** Количественная модель для прогнозирования стажевой динамики риска хронических заболеваний судостроителей 90
- Р.Н. Караев.** Оценка аварийности морских нефтегазовых сооружений. Часть 2 94
- А.В. Пустошный, Вунна Мое.** О возможности улучшения экономических характеристик быстроходных судов для развивающихся стран за счет альтернативных проектных решений 97
- В.Н. Илюхин.** Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова и его роль в развитии федеральной системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. К 150-летию со дня образования НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова 103

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

- Н.М. Вихров, Г.Н. Муру, К.В. Рождественский.** Санкт Петербург – Гонконг: морской шелковый путь сотрудничества научно-технических обществ 108

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- В.Е. Юхнин.** Корабль, опередивший свое время 111
- Д.Ю. Литинский.** Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 3 ... 113

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- А.Б. Землянов, М.Ю. Гаршин, М.М. Четвертаков.** Современное военное кораблестроение России и перспективы его развития в XXI веке 117
- С.И. Буянов.** Потребности морского транспорта России в продукции судостроения 121
- В.М. Попов.** Перспективы и проблемы северных заводов в процессе производства морской техники 123

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- Итоги очередного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга* 127

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

Д.С. Глухов

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Редакционная коллегия

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Д.В. Казунин, д-р техн. наук

Р.Н. Караев, канд. техн. наук

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

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.

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

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Пряжин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичева

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

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

Учредитель-издатель

ООО «Издательство "Мор Вест"»,

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

Электронная версия журнала

размещена на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.ru и включена

в Российский индекс научного цитирования

Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»

включен в перечень ведущих научных журналов и

изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест»

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс»

Тираж 1000 экз. Заказ № 2415

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

№4(60)

December

2016

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

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

G.A. Turichin, Acting rector SPbSMTU

Council Members:

M.A. Alexandrov, Director

JSC CRIME

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

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

V.Yu. Dorofeev, General Director

JSC SPMBM Malachite

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

JSC Sudpromkomplekt

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Morflot

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

A.E. Isaakyan, General Director

JSC Kronstadt Group

L.M. Klyachko, Scientific head of CSRI KURS

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit

L.G. Kuznetsov, Chairman of the Board of Director

JSC Compressor

G.N. Muru, Executive Director JSC 51 CDTISR

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

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

V.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

S.B. Sukhov, General Director

JSC Pumori-north-west

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibition

G.R. Tsaturov, General Director

OJSC Pella

R.A. Urusov, General Director OJSC NE

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- E.M. Appolonov, A.V. Abramov, D.S. Khmara, M.A. Zagorodnikov.**
*Evaluation of alternative advanced nuclear icebreaker design,
construction and exploitation* 7
- Yu.I. Rabazov.** *Experience of designing and construction
of bunkering tanker for OJSC MMC Norilsk Nickel*..... 13
- G.V. Egorov, V.I. Tonyuk, E. Yu. Durnev.** *Multipurpose of mixed river-sea
going dry cargo vessel for delivery to the Northern territories*..... 17
- I.L. Vaisman, I.I. Mashura.** *OJSC Pella has constructed
the first line trawler in Russia*..... 25
- I.S. Sukhovinsky, K.M. Klyaus, P.Yu. Petrov.** *Construction of jet blast deflector
for needs of Naval aviation of the Russian Navy*..... 29
- A.S. Solov'yov, D.N. Egorov.** *Problems of fishing vessel foreign project
adaptation to conditions of Russian shipbuilding*..... 31
- A.S. Guzev, A.I. Korotkin.** *Experimental investigations of vortices' structure
near airfoil performing rotary oscillation on attack angle*..... 34
- A.R. Togunyatz, L.I. Vishnevsky, S.V. Kaprantsev.**
*Model investigations of hydrodynamic characteristics of multifunctional
two-stage bladed propeller behind vessel hull*..... 35
- On the 85th anniversary of Professor P.A. Shaub*..... 39

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- Yu. I. Vitenbergsky.** *New documents on standartization
of the Navy vessels maintenance and repair system* 41
- A.V. Ivankovich.** *Possibilities of indicators application in the system
of strategic management*..... 42

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- "Fastems" flexible machining system
for processing parts of explosion proof electric motors*..... 47
- A.S. Petrushenko, A.V. Sokolov, O.V. Epifanov.** *Field experience of reduction
of switched reluctance electric drive oscillating and noise characteristics*..... 49
- P.P. Selyuta.** *Operational life testing of open gear made of titanium alloys*..... 53
- O.O. Lebedev.** *Analysis of stress and strain state of curved pipes
in the process of pure bending* 54
- V.M. Prikhod'ko, I.V. Prikhod'ko, V.Yu. Luchkin.** *Probable description
of operating characteristics of ship electric installations measuring elements shutdown*..... 57
- V.V. Medvedev, M.V. Lakiza.** *Risk assessment at designing and operation
of ship heat exchangers taking into account heat-exchange surfaces contamination*..... 59

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- V.V. Rybiy, D.V. Kazunin, O.Ya. Timofeev, V.A. Belyashov,
A.A. Pronyashkin, I. D. Kazunin.** *The Russian ice information system
is critical to the successful development of the Arctic* 63
- Yu.F. Podoplekin, D.A. Shepeta, V. A. Nenashev.** *Input signals modelling
for aircraft radars caused by probing signal reflections at underlying surfaces
of ground and sea*..... 69



- S.K. Volovodov, A.V. Smol'nikov.** Stable algorithm for mobile dynamic objects control with transient process transient process 73
- A.F. Zen'kov, N.N. Neronov, A.M. Sharkov, Yu. N. Balesnyi.** On tendencies of development and possibilities of technical facilities and inspection methods application and sea bottom configuration survey 77
- P.G. Fedorov.** ECDIS «Alaska-Ch» is a modern electronic navigation system 83

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- A.A. Kurnosov, K.I. Armashev, V.Yu. Dorofeev.** Safety related system of the Russian Federation in Arctic region on the base of mobile submarine robotic platform 87
- E.M. Balushkin.** Application of modern technologies at bridge system development .. 88
- G.A. Sorokin, V.L. Suslov.** Quantitative model for prediction of pensionable employment dynamics of shipbuilder chronic illness risk 90
- R.N. Karaev.** Measuring the accident rate of marine oil and gas facilities. Part 2 94
- A.V. Pustoshny, Vunna Moe.** On possibility of commercial characteristics improvement for high speed vessels for developing countries for account of design solutions 97
- V.N. Ilukhin.** Russian Scientific-Technical Society of shipbuilders named after academician Krylov and his role in development of the federal system of search and rescue support for maritime activities. For 150th anniversary of Russian Scientific-Technical Society of shipbuilders named after academician Krylov 103

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

- N.M. Vikhrov, G.N. Muru, K.V. Rozhdestvensky.** Saint-Petersburg-Hong Kong: sink road of Scientific-Technical Societies collaboration 108

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- V.E. Yukhnin.** The ship that is ahead of its time 111
- D.Yu. Litinsky.** Border guard ship «Tarantul». Part 3 113

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- A.B. Zemlyanov, M.Yu. Garshin, M.M. Chetvertakov.** Modern Russian naval construction and perspectives of its development in XXI century 117
- S.I. Buyanov.** Needs of Russian maritime transport in shipbuilding production 121
- V.M. Popov.** Perspectives and problems of North plants during the process of marine facilities production 123

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- Summary of the ordinary meeting of the Society of Shipbuilders of Saint-Petersburg and Leningrad Region and shipbuilding section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg 125**

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

D.S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Editorial Collegium

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

E.A. Gorin, D. Sc.

E.V. Igoshin, Ph. D.

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

D.V. Kazunin, D. Sc.

R.N. Karaev, Ph. D.

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

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

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

P.I. Maleev, D. Sc.

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

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

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

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

L.A. Promyslov, Ph. D.

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

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

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

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

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

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T.I. Ilyichiova

Design, imposition

S.A. Kirillov, V.L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronaya

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

Russian index of scientific citing

By the decision of the Council of VAK the Morskoy

Vestnik magazine is entered on the list of the leading

scientific magazines and editions published in the

Russian Federation where basic scientific outcomes of

doctoral dissertations shall be published.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

You can subscribe to the Morskoy Vestnik magazine

using the catalogue of "Rospechat" agency (subscription

index 36093) or directly at the editor's office via the

Morvest Publishing House

Printed in the Printing-House "Premium-press"

Circulation 1000. Order № 2415

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

Интенсивное освоение шельфовых месторождений углеводородов в морях российской Арктики, темпы реализации проекта по освоению Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения требуют создания соответствующей эффективной транспортной системы, в состав которой войдут современные крупнотоннажные суда ледового плавания. Такие суда могут иметь максимальную ширину корпуса 45–50 м и более, а длину – свыше 200 м.

Однако технические возможности большинства судов не позволяют круглогодично преодолевать льды Северного Ледовитого океана без ледокольного сопровождения.

Корпуса существующих ныне ледоколов в 1,5–2 раза уже, чем корпуса перспективных ледовых танкеров и газовозов, и только совместное использование сразу двух ледоколов может обеспечить безопасную проводку крупнотоннажного судна в ледовых условиях. Такая схема проводки является достаточно дорогой, чтобы ее можно было использовать при эксплуатации постоянно растущего количества крупнотоннажных судов в Арктике. Поэтому крайне важны разработка и экономическое обоснование оригинальной формы корпуса перспективных ледоколов, обеспечивающих безопасное плавание крупнотоннажных судов во льдах по широкому каналу в ледяном поле и соответствующую скорость проводки.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕДОКОЛОСТРОЕНИЯ

В настоящее время ведется разработка проекта *атомного ледокола типа ЛК-110Я*. Его главной задачей станет обеспечение круглогодичной навигации Северного морского пути (СМП) и проведение экспедиций в Арктику. Это будет крупнейшее в мире ледокольное судно длиной свыше 200 м и шириной около 40 м. Мощностью на валах, как следует из названия проекта, должна составить около 110 МВт. Одной из особенностей ледоколов этого типа станет увеличение ледопроеходимости до 3,5 м. С помощью ледокола-лидера типа ЛК-110Я будет обеспечена эффективная круглогодичная навигация за счет повышения зимних скоростей проводок судов, что особенно важно при контейнерных перевозках, осуществляемых по графику.

Параллельно проектируется *трехкорпусный (рассматривается проект и четырехкорпусного) атомный турбоэлектрический ледокол мощностью на валах 60 МВт* (проект МКЛ160), который и является объектом исследования в настоящей статье. Ледокол предназначен для круглогодичной проводки одиночных крупнотоннажных судов и лидирования караванов судов в западном и восточном районах Арктики.

Новое возможное решение проблемы проводки крупнотоннажных судов, предложенное во ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», представляет собой ледокол принципиально нового архитектурного типа, который может создавать ледяной канал шириной более 50 м, причем работа ледокола осуществляется при потреблении относительно небольшой мощности. Предлагаемый ледокол представляет собой три или четыре ледокольных корпуса, установленных на единой платформе. Особенностью корпусов является то, что они имеют относительно небольшие размеры и каждый из них сопоставим с корпусом среднего или малого ледокола. На каждом из корпусов установлено по одному движителю, причем на головном и замыкающем корпусах это могут быть винто-рулевые колонки, средние корпуса оборудованы традиционными гребными винтами.

ОЦЕНКА ВАРИАНТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО АТОМНОГО ЛЕДОКОЛА

Е.М. Апполонов, д-р техн. наук, проф.,

А.В. Абрамов, д-р эконом. наук, проф., зав. кафедрой,

Д.С. Хмара, канд. эконом. наук, доцент, СПбГМТУ,

М.А. Загородников, канд. эконом. наук, исполнительный директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 753 5721

Важная особенность предлагаемого решения – взаимное расположение отдельных корпусов ледокола относительно друг друга. Для нового ледокола предложено такое взаимное расположение корпусов, которое позволяет не только создавать широкий канал, но и снизить ледовое сопротивление*.

Приоритетной задачей работы проектируемого трех корпусного атомного ледокола, способствующей повышению эффективности использования транспортной системы с его участием, считается обеспечение ледовой проводки судов по Северному морскому пути (СМП), законтрактованных в рамках проекта «Ямал-СПГ».

Выбор направлений и продолжительности использования проектируемого ледокола обусловлен прогнозом ледовой обстановки и оптимальной средней скоростью движения во льдах, которая повышает преимущества маршрута по СМП в сравнении с маршрутом через Суэцкий канал.

Анализ ледовой обстановки на первую половину навигации выполнен на основе данных прогностического бюллетеня, включающего общие сведения об ожидаемых ледовых условиях в российских арктических морях на июнь–август 2015 г. Для оценки интенсивности ожидаемого развития ледовых условий прогноз сравнивается со среднепогодными значениями (нормой, рассчитанной за период с 1970 по 2010 г.) [1]. Ледовая обстановка на вторую половину навигации в акватории СМП характеризуется данными ГНЦ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» на ноябрь и декабрь 2014 г., а также февраль и май 2015 г. [2].

Результаты анализа свидетельствуют о превалировании на трассах СМП легких ледовых условий и условий средней тяжести. Наиболее тяжелая ситуация складывается на восточном направлении, где толщина льда доходит до 2 м.

Безопасность проводки судна по СМП обеспечивается не только за счет ледокольной проводки, но и навигационно-гидрографического обеспечения, являющегося составной частью системы безопасности судоходства. Издано 747 морских навигационных карт, 19 руководств и пособий для плавания по арктическим морям России. Установлено более 1500 объектов средств навигационного оборудования.

Таким образом, существуют все предпосылки к *формированию СМП в качестве регулярной транспортной артерии* в целях развития национальной экономики и международного транзита грузов. Ледовая обстановка позволяет проводить караваны в различных направлениях круглогодично во льдах толщиной до 2 м, что в целом соответствует заявленным характеристикам проектируемого ледокола.

Целесообразно использовать ледокол в первой половине навигации для проводок в восточном направлении,

* Патент № В63В35/08. Е. М. Апполонов, В. А. Беляшов, В. М. Пашин, К. Е. Сазонов, О. Я. Тимофеев / ФГУП КГНЦ. Аванпроект ледокола выполнен ОАО «ЦКБ «Айсберг»

а во второй половине навигации – в западном. Подобное допущение позволит избежать тяжелых и экстремальных ледовых условий и обеспечит оптимальную скорость каравана при проводке.

С увеличением тоннажа газозовозов при их использовании в Арктике острота проблем движения во льдах только возрастает. Чем шире газозовоз, тем на большую величину придется доламывать кромки канала при движении за ледоколом. Следовательно, будет снижаться скорость продвижения каравана. С учетом выполнения караваном поворотов также будет снижаться скорость при проводке более крупных судов. При воздействии сжатий одинаковой силы в дрейфующем льду задержки во льдах будут вероятны и более долговременны также для более крупных судов. Аналогичным будет поведение каравана при преодолении торосов. Таким образом, время преодоления ледового участка, а значит, и время кругового рейса более крупных судов будут больше. Это, в свою очередь, приводит к увеличению потребности в крупных судах по сравнению с эксплуатируемыми газозовозами на чистой воде.

Основные суда, которые могут использоваться при реализации этого проекта, и их основные характеристики, представлены в табл. 1 [3].

Приведенные в таблице данные о ширине судов, используемых при вывозе СПГ, позволяют предварительно судить о конкурентных преимуществах ледокола МКЛ60 по сравнению с другими проектами, заключающихся в *формировании ледоколом канала шириной до 60 м*, в то время как для проводки современных газозовозов понадобится два действующих ледокола. Использование преимуществ относительно формируемой ширины канала целесообразно отнести на исполнение обязательств ОАО «Ямал-СПГ» при круглогодичной эксплуатации в средних и легких ледовых условиях при толщине льда до 2 м.

В качестве лучших образцов для сравнения разрабатываемого ледокола по технико-экономическим показателям могут быть приняты только атомные ледоколы, строительство которых освоено лишь в Российской Федерации.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

Основными технико-экономическими показателями, определяющими эффективность использования ледоколов, с учетом принятых в работе допущений являются (в порядке убывания их значимости):

- ширина судна – чем она больше, тем более широкий канал во льдах оставляет за собой судно, и, соответственно, более широкое судно может идти за ним в караване;
- ледопроездимость – чем она выше, тем в более толстых льдах судно может работать;
- скорость движения в ровном льду характеризует скорость прохода ледоколом льда толщиной в 2 м;
- пропульсивная мощность – чем она больше, тем надежнее судно при эксплуатации в тяжелых и экстремальных ледовых условиях;
- водоизмещение – чем оно больше, тем выше кинетическая энергия судна, тем оно лучше ведет себя при работе набегаем при преодолении торосов и других нагромождений;
- численность экипажа – чем она выше, тем более высокими будут эксплуатационные расходы по судну.

Перечисленные технико-экономические показатели сопоставляемых ледоколов приведены в табл. 2 [4].

Сопоставление судов выполнено в соответствии с методологией сопоставления проектируемых судов с лучшими аналогами по технико-экономическим показателям, предусматривающей:

- 1) ранжирование показателей;
- 2) определение весового коэффициента вклада каждого показателя в интегральную оценку судна в соответствии с правилом Фишберна по формуле

Таблица 1

Основные суда, которые могут привлекаться для исполнения обязательств по проекту «Ямал-СПГ» *

Характеристика	«Владимир Тихонов»	«Великий Новгород»	LNG 170 Yamalmax
Длина, м	280,5	299,	299,
Ширина, м	50,1	45,8	50,0
Высота, м	23,0	26,0	26,5
Вместимость, тыс. м ³	170,0	170,2	172,6
Категория ледовых усилений	Arc 4	Arc 4	Arc 7
Валовая вместимость, тыс. т.	87,2	116	116

* По данным ПАО «Совкомфлот»

Таблица 2

Сравнительные технико-экономические показатели ледоколов

Показатель	Значение для ледокола проектов:					
	ЛК-60Я	МКЛ60	«Тай-мыр»	«Арктика»	«Россия»	Модерниз. «50 лет Победы»
Главные размеры, м:						
– длина	160,0	247,0	151,8	147,9	150,0	159,6
– ширина	33,0	60,0	29,2	29,9	30,0	30,0
– осадка	8,5/10,5	11,5	9,0/8,1	11,0	11,0	11,0
Ледопроездимость, м	2,8	2,8	1,7	2,0	2,0	2,7
Скорость движения в ровном льду, уз	10	10	<3	<3	<3	<3
Пропульсивная мощность на гребных винтах, МВт	60	60	35	54	54	54
Водоизмещение, т	33500	34000	19600	23460	22625	25168
Численность экипажа, чел.	75	60	70	79	79	79

$$r_i = \frac{2 \cdot (N - i + 1)}{(N + 1) \cdot N}, \quad (1)$$

где r_i – весовой коэффициент вклада i -го показателя в интегральную оценку; N – количество показателей; i – номер показателя в соответствии с его значимостью (рангом);

3) сопоставительная оценка судов по каждому показателю проводится по 10-балльной системе, при этом судно с лучшим значением показателя присваивается оценка 10, а остальным – пропорционально степени ухудшения значения показателя;

4) вычисление интегральных оценок по каждому сопоставляемому судну путем сложения произведений оценки показателя на его коэффициент вклада по формуле

$$И = \sum_{i=1}^N X_i \cdot r_i \quad (2)$$

где X_i – оценка i -го показателя; r_i – весовой коэффициент вклада i -го показателя в интегральную оценку; N – количество показателей.

Сопоставительная балльная оценка судов по выбранным показателям приведена в табл. 3.

Расчет интегральных оценок по сопоставляемым судам приведен в табл. 4 и наглядно представлен на рис. 1.

Полученные оценки говорят о безоговорочном лидерстве проектируемого ледокола за счет ширины образуемого канала, мощности энергетической установки, ледопроездимости и других факторов.

Благодаря своим характеристикам проектируемый ледокол вполне может обеспечить проводку судов в западном секторе Арктики во вторую половину навигации, а в восточ-

Таблица 3
Сопоставительная балльная оценка ледоколов по
выбранным показателям (затонированы суда с лучшими
показателями)

Показатель	Балльная оценка для ледокола проектов:					
	ЛК-60Я	МКЛ60	«Таймыр»	«Арктика»	«Россия»	Модерниз. «50 лет Победы»
Ширина ледокола, м	5,50	10,00	4,87	4,98	5,00	5,00
Ледопроходимость, м	10,00	10,00	6,07	7,14	7,14	9,64
Скорость движения в ровном льду, уз	10,00	10,00	3	3	3	3
Пропульсивная мощность на гребных винтах, МВт	10,00	10,00	5,83	9,00	9,00	9,00
Водоизмещение, т	9,85	10,00	5,76	6,90	6,65	7,40
Численность экипажа, чел.	8,00	10,00	8,57	7,59	7,59	7,59

Таблица 4
Расчет интегральных оценок сопоставляемых судов
(затонированы интегральная оценка и ранг лучших судов)

Показатель	Весовой коэф. (г)	Балльная оценка с учетом коэффициента вклада для ледокола проектов:					
		ЛК-60Я	МКЛ60	«Таймыр»	«Арктика»	«Россия»	Модерниз. «50 лет Победы»
Ширина ледокола, м	0,2857	1,57	2,86	1,39	1,42	1,43	1,43
Ледопроходимость, м	0,2381	2,38	2,38	1,45	1,70	1,70	2,30
Скорость движения в ровном льду, уз	0,1905	1,91	1,91	0,57	0,57	0,57	0,57
Пропульсивная мощность на гребных винтах, МВт	0,1429	1,43	1,43	0,83	1,29	1,29	1,29
Водоизмещение, т	0,0952	0,94	0,95	0,55	0,66	0,63	0,70
Численность экипажа, чел.	0,0476	0,38	0,48	0,41	0,36	0,36	0,36
Интегральная оценка, И	1,00	8,60	10,00	5,20	6,00	5,98	6,65
Ранг судна	–	2	1	6	4	5	3

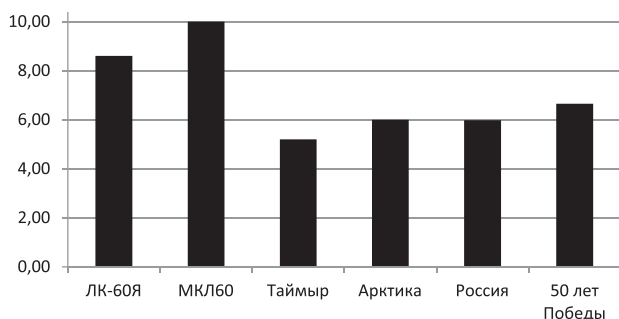


Рис. 1. Интегральные оценки рассматриваемых ледоколов

ном – в летне-осенний. Докование ледокола МКЛ60 с целью его освидетельствования или ремонта можно проводить в январе-феврале, во время формирования самых тяжелых ледовых условий.

В соответствии с выполненными расчетами при принятой модели эксплуатации ледокола годовые эксплуатационные расходы составят 1 569,6 млн. руб., общие эксплуатационные расходы за 40 лет эксплуатации ледокола – 62 784,0 млн. руб., а суточные эксплуатационные расходы – 4300,3 тыс. руб./сут.

Жизненный цикл ледокола имеет следующую структуру:

- проектирование – от 1 до 1,5 лет, частично параллельно с подготовкой производства и строительством;
- подготовка производства и строительство – от 3 до 4 лет;
- эксплуатация – 40 лет, структура затрат принята следующая:
- ремонт и содержание;
- страхование;
- содержание экипажа (зарплата и рацион питания);
- администрирование и прочие расходы;
- топливо с учетом утилизации отработавшего ядерного топлива
- утилизация, 1 год.

Стоимость этапов проектирования ледокола (с учетом управления проектом) и подготовки его производства составит ориентировочно около 4096,4 млн. руб. со сроком выполнения около 1,5 лет.

Расчет затрат на утилизацию ледокола по истечении срока его эксплуатации выполнен на основе данных ОАО «Росатом» о стоимости утилизации пяти российских атомных ледоколов, равной 10 млрд. руб. в ценах 2013 г.

При принятой прямо пропорциональной зависимости затрат на утилизацию ледокола от его водоизмещения порожнем и с учетом инфляции в РФ, составившей с января 2014 г. по февраль 2015 г. 1,183, затраты на утилизацию ледокола можно оценить примерно 2209,9 млн. руб.

В соответствии с выполненными расчетами полная стоимость жизненного цикла по головному ледоколу составит около 113001,3 млн. руб, структура жизненного цикла представлена на рис. 2.

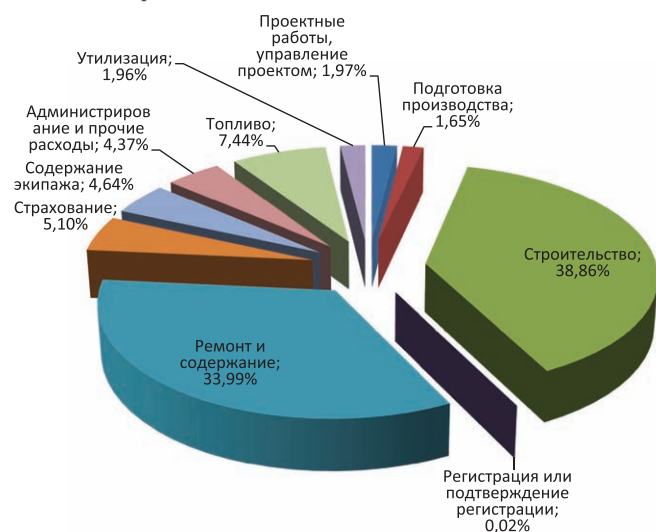


Рис. 2. Структура полной стоимости жизненного цикла головного ледокола

Исходя из оценки общего среднегодового количества судорейсов, которое может быть выполнено из порта Сабетта в восточном и западном направлениях по трассам СМП с использованием ледокольной поддержки одного ледокола, получена прогнозная величина доходов от его эксплуатации.

Прогнозная величина годовых доходов ледокола D_p , выполняющего проводку в пределах определенного количества зон, может быть рассчитана по формуле

$$D_i = GT \times (K_{\text{ЛВ}} \times T_{\text{ЛВ}} + K_{\text{ЗВ}} \times T_{\text{ЗВ}}), \quad (3)$$

где GT – валовая вместимость транспортного судна; $K_{\text{ЛВ}}$ – количество рейсов транспортного судна, выполненных под проводкой ледокола в летнее время; $K_{\text{ЗВ}}$ – количество

Расчет годовых доходов от использования одного ледокола

Навигация	Направление					
	Запад (1 зона)			Восток (7 зон)		
	Объем GT для расчета доходов	Тариф	Доход	Объем GT для расчета доходов	Тариф	Доход
Лето	0	131,37	0	2784000	262,74	731 468 160
Зима	7 656 000	328,43	2 514 460 080	1624000	656,86	1 066 740 640
Итого доходов по направлению, руб.	2 514 460 080			1798208800		
Доходы за год, руб.	4 312 668 880					

рейсов транспортного судна, выполненных под проводкой ледокола в зимнее время; $T_{ЛВ}$ – тариф на проводку ледоколом транспортного судна в летнее время в пределах зон; $T_{ЗВ}$ – тариф на проводку ледоколом транспортного судна в зимнее время.

Общая величина доходов будет определяться суммой доходов по зонам проводки

$$D = \sum_{i=1}^n D_i. \quad (4)$$

Расчет доходов от проводки судов одним ледоколом представлен в табл. 5.

При расчете доходов учтены:

- 1) направления проводки и их сезонность;
- 2) количество зон при проводке:
 - из п. Сабетта в западном направлении – 1 зона;
 - из п. Сабетта на восток в восточном направлении – 8 зон.

По результатам расчета прогнозируемые доходы от ледовой проводки составят около 4,3 млрд. руб., в том числе:

- 2,5 млрд. руб. от проводки в западном направлении;
- 1,8 млрд. руб. от проводки в восточном направлении.

Оценка экономической эффективности ледокола выполнена применительно к оценке использования ледокола в интересах ФГУП «Атомфлот».

Моделирование денежных потоков осуществлено в соответствии с требованиями «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов» (вторая редакция), утвержденных Минэкономки РФ, Минфин РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 № ВК 477. Расчетный горизонт моделирования с учетом утилизации ледокола составляет 41 год.

При моделировании доходных денежных потоков использована прогнозная оценка доходов от эксплуатации ледокола в рамках оптимистического сценария, подразумевающего полную загрузку ледокола с целью обеспечения ледовой проводки караванов и одиночных судов в рамках проекта «Ямал-СПГ». В качестве расходных денежных потоков учитываются текущие эксплуатационные расходы.

Строительство ледокола предполагается реализовать за счет бюджетного финансирования (см. «Сводный перспективный план заказов гражданских судов и морской техники на период до 2030 г.», разд. 5 «Строительство атомных ледоколов нового поколения для Северного морского пути»). Поэтому в составе расходных денежных потоков не учитываются расходы на финансирование строительства судна.

На конец расчетного периода общая прибыль, полученная от эксплуатации ледокола в течение 40 лет на трассах СМП, по предварительной оценке, с учетом расходов на его утилизацию, может составить около 81 199,3 млн. руб. в ценах I кв. 2015 г.

Полученные оценки свидетельствуют об эффективности использования ледокола при прогнозируемых годовых эксплуатационных расходах и действующих тарифах на ледокольную проводку судов в акватории СМП, а также при условии его строительства за счет бюджетных средств.

Затраты на проектирование и строительство ледокола окупятся через 24 года.

При расчете точки безубыточности учтено, что в обратном направлении кругового рейса судно идет в балласте. Для достижения безубыточной работы трехкорпусного ледокола необходимо с учетом обратного рейса в балласте осуществить проводку 1254 тыс. т СПГ.

Сравнение двух проектируемых в настоящий момент ледоколов показывает, что ледокол «Лидер» обладает значительным превосходством над проектом МКЛ60 за счет большей ледопроницаемости и почти в два раза большей пропульсивной мощности на гребных винтах. Однако использование столь мощной ядерной установки потребует и пропорционального увеличения расходов на ее эксплуатацию, при этом для проводки судов шириной 50 м и более все также потребуются два ледокола. Для полноценного сравнения двух проектируемых ледоколов необходимо рассмотреть такой показатель, как себестоимость судосудок. По информации генерального директора ФГУП «Атомфлот» В. В. Рукши, себестоимость судосудок эксплуатации действующих атомных ледоколов в 2014 г. составляла около 4,2 млн. руб./сут.

Себестоимость судосудок ледокола «Лидер» – около 9,5 млн. руб./сут. На этом фоне себестоимость судосудок эксплуатации проектируемого ледокола МКЛ60 в размере 4,3 млн. руб./сут. (на 55% ниже) выглядит весьма выигрышно, а с учетом того, что для проводки широких судов не потребуется одновременного использования двух ледоколов привлекательность только возрастает.

Очевидно, что *сравниваемые ледоколы не являются конкурентами друг другу. У них разные цели и задачи.* «Лидер» рассчитан на эксплуатацию в самых суровых ледовых условиях. При экстремальных ледовых условиях он способен осуществлять проводку практически в любую точку Арктики. В свою очередь, ледокол МКЛ60 рассчитан на круглогодичную эксплуатацию в менее суровых ледовых условиях и проводку более широких судов. *В совокупности ледоколы «Лидер» и МКЛ60 способны образовать мощнейшую транспортную систему на маршрутах СМП, позволяющую осуществить переход от трампового судоходства к линейному.*

Для определения народно-хозяйственной эффективности приведем расчет экономии от проводки двумя (ЛК-60Я, «Лидер») и одним (проектируемым МКЛ60) ледоколами объема груза, рассчитанного ранее.

Ниже приведены данные средних годовых и суточных эксплуатационных расходов ледоколов ЛК-60Я, «Лидер», МКЛ60 (табл. 6).

На основании приведенных выше данных определим средние годовые и суточные затраты, связанные с ледовой проводкой, а также затраты на проводку каравана из п. Сабетта на восток через семь зон (табл. 7, рис. 3).

Расчеты показывают, что при проводке двумя ледоколами среднесуточные и годовые затраты в 3 раза больше, чем при проводке рассматриваемым ледоколом.

Таблица 6

Данные по годовым и суточным эксплуатационным расходам

Ледокол	Средние годовые затраты, млн.руб.	Среднесуточные затраты, тыс.руб.	Источник
ЛК-60Я	1202,6	3700,3	ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
«Лидер-110Я»	2987,5	9484,1	
МКЛ60	1569,6	4300,3	Расчет

Таблица 7

Средние затраты на проводку

Проводка с помощью ледоколов	Средние годовые затраты, млн.руб.	Среднесуточные затраты, тыс.руб.	Затраты на проводку каравана из п. Сабетта на восток через семь зон, тыс.руб.
ЛК-60Я, «Лидер-110Я»	4190,1	13181,4	184539,6
МКЛ60	1569,6	4300,3	60204,2

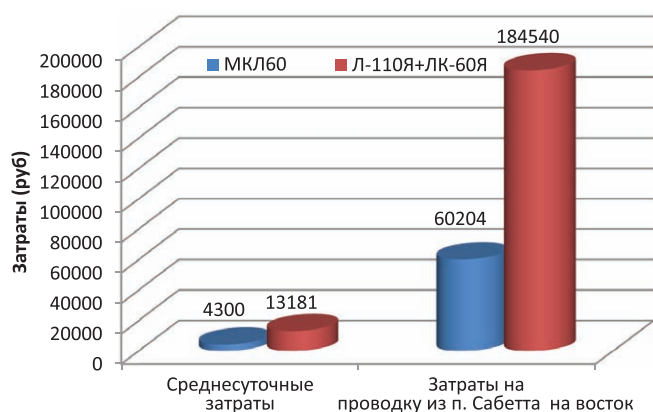


Рис. 3. Сравнение затрат на проводку судов одним и двумя ледоколами

Для достижения безубыточности в таком случае им понадобится обеспечить грузопоток в 3348 тыс. т. СПГ, что в 2,7 раза больше, чем для проектируемого трехкорпусного ледокола.

ВЫВОДЫ

В соответствии с выполненными расчетами стоимость полного жизненного цикла головного ледокола в ценах 1 кв. 2015 г. составит около 11 3001,3 млн. руб.

В ходе сопоставления интегральных оценок технико-экономических показателей трехкорпусного ледокола с ныне действующими установлено, что он не проигрывает ни одному из них. Проигрыш проектируемому ледоколу «Лидер» состоялся за счет его большей ледопроемкости и почти в два раза большей пропульсивной мощности на гребных винтах. Однако преимущества «Лидера» способны превращаться

в недостатки, что и отражено в расчете народно-хозяйственной эффективности.

При расчете денежного потока по оптимистическому сценарию были получены следующие показатели:

- годовые доходы без НДС – 3654,8 млн.руб.;
- годовые расходы без НДС – 1569,6 млн.руб.;
- годовая прибыль – 2085,2 млн.руб.;
- общая величина дохода за прогнозный период – 81 199,3 млн.руб.;
- затраты на проектирование и строительство ледокола окупятся через 24 года.

Безубыточность эксплуатации проектируемого трехкорпусного ледокола достигается при проводке 1254 тыс. т. СПГ с учетом того, что в обратном направлении судно идет в балласте.

Круглогодичная эксплуатация ледокола МКЛ60 при взаимодействии с ледоколом «Лидер» позволит достичь лидирования караванов и одиночных судов в любых направлениях и ледовых условиях и перейти на маршрутах СМП от трампового к линейному судоходству.

Авторы благодарят сотрудников ОАО «ЦКБ «Айсберг», ФГУП «Крыловский государственный научный центр», принимавших непосредственное участие в проводимом исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГНЦ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», [Электр. ресурс]. Долгосрочные ледовые прогнозы. – http://www.nsga.ru/ru/dolgosrochnie_prognози.
2. ГНЦ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» [Электр. ресурс]. Оперативные данные. – <http://www.aari.nw.ru>.
3. Современный коммерческий флот, [Электр. ресурс]. Список судов. – <http://www.scf-group.com/fleet/fleetlist//>
4. Росатомфлот [Электр. ресурс]. Список судов. – <http://www.rosatomflot.ru/index.php?menuid=35>.
5. «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу». Утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ № 354 от 06.09.2007.
6. Мелкосидящий атомный ледокол пр. 10570. – Науч.-техн. отчет ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2014 г.
7. Ледокол-Лидер, науч.-техн. отчет ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2015 г.
8. Налоговый кодекс РФ, часть вторая.
9. Федеральный закон от 24.07.09 № 212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».
10. Постановление Правительства РФ от 07.12.2001 № 861 (ред. от 04.09.2012) «О рационах питания экипажей морских, речных судов, за исключением судов рыбопромыслового флота, и воздушных судов».
11. РД 31.03.01–90. «Технико-экономические характеристики судов морского флота».
12. Справ. информация. Индекс потребительских цен. – «КонсультантПлюс» (подготовлен по данным Росстата), 2015. ■

На Красноярской судостроительной верфи закончено строительство головного танкера-бункеровщика жидким топливом дедвейтом 1200 т. Заказчик судна – ОАО «ГМК «Норильский никель», разработчик проекта и рабоче-конструкторской документации – ОАО КБ «Вымпел».

В процессе испытаний подтверждены все проектные характеристики судна, а также работоспособность механизмов и устройств.

Назначение танкера – бункеровка морских и речных судов жидким топливом с температурой вспышки паров выше 60 °С (летнее дизельное топливо) и моторными маслами, а также сбор нефтепродуктов с температурой вспышки паров выше 60 °С с поверхности воды при локализованном разливе.

Место эксплуатации танкера-заправщика – акватория порта Дудинка и за его пределами с ограничениями согласно установленному классу по Правилам Российского речного регистра (РРР). Особые климатические условия в местах эксплуатации предопределили ряд конструктивных решений по судну. Так, например, все материалы, механизмы, устройства, арматура судовых систем и электрорадиационная аппаратура выбраны из расчета работы судна при температурах наружного воздуха до –40 °С. При этом ввод в действие танкера предусмотрен при температуре воздуха до –25 °С. Форма и конструкция корпуса, а также движительно-рулевой комплекс рассчитаны на эксплуатацию судна при толщине битого льда до 40 см. Для поддержания надлежащей температуры жидкого топлива предусмотрен подогрев грузовых танков за счет теплопритоков из смежных межбортовых сухих отсеков. На время зимнего отстоя предусмотрена возможность обогрева румпельного отделения от береговой электросети. Это сделано с целью хранения в румпельном помещении демонтируемой электронной аппаратуры.

Общий вид танкера-бункеровщика представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид танкера-бункеровщика дедвейтом 1200 т

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ТАНКЕРА-БУНКЕРОВЩИКА ДЛЯ ОАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

Ю.И. Рабазов, канд. техн. наук, гл. конструктор ОАО КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 439 6722

По архитектурно-конструктивному типу судно представляет собой однопалубный, двухвинтовой теплоход с баком и ютом, соединенными переходным мостиком, наклонным форштевнем и транцевой кормой, двойными бортами, разделенными в районе грузовой зоны по высоте платформой на уровне 1 м ниже КВЛ и двойным дном в районе грузовых трюмов, четырьмя грузовыми танками дизельного топлива и двумя грузовыми танками масла моторного, двумя грузовыми трюмами для бочек с маслом моторным, двумя танками нефтесодержащих вод, насосным отделением, цистерной сепарированного топлива, кормовым расположением машинно-котельного отделения (МКО) и жилой надстройкой. Рулевая рубка имеет круговой обзор и окна в передней части на крыше рубки, что сделано для улучшения условий подхода и швартовки танкера к высокобортным морским судам. Для обеспечения видимости кормовых створов при движении судна в речных условиях кожух дымовой трубы смещен на правый борт. Для защиты ото льда гребные валы размещены в корпусных скегах. Рули усиленной конструкции имеют нижние опоры «подпятники», сверху защищены ото льда так называемыми ледовыми «зубьями».

В процессе проектирования КБ предложило изменить класс судна, указанный изначально в задании заказчика. Учитывая, что основной пункт эксплуатации – порт Дудинка, автором проекта по согласованию с заказчиком класс М-Пр (лед40) был изменен на класс О2,0 (лед40), что позволило сократить

расходы на покупку излишнего навигационного оборудования.

Основные характеристики судна

Длина наибольшая, м	73,2
Ширина расчетная, м	12,6
Высота борта, м	4,8
Осадка по КВЛ, м	3,0
Дедвейт, т	1200
Состав бункеруемого груза, т:	
– дизельное топливо	1100
– моторное топливо	10
– масло моторное в 30 бочках по 200 л	5,4
– пресная вода	9,5
Мощность ГД, кВт	2×440
Скорость хода, км/ч	17,3
Экипаж/кол-во спальных мест	5/10
Автономность, сут.	12

На танкере-бункеровщике в полном объеме выполнены конструктивные мероприятия, обеспечивающие соответствие судна действующим правилам по предотвращению загрязнения окружающей среды, а именно: грузовые танки размещены над вторым дном при наличии двойных бортов, прием балласта осуществляется в изолированные цистерны, исключающие его загрязнение нефтепродуктами, мойка грузовых танков проводится по замкнутому циклу с хранением промывочной воды в танках нефтесодержащих вод, предусмотрены остановка грузовых насосов в случае утечки топлива из грузовых шлангов, сбор нефтесодержащих вод из МКО с последующей обработкой до степени не более 5 млн.⁻¹ (5 мг/л), наличие ватервейсовой полосы высотой 150 мм в зоне грузовых танков, а также поддонов в местах соединения грузовых шлангов. В случае разлива нефтепродуктов с заправляемых судов на танкере имеется судовой комплект для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов (ЛАРН). На верхней палубе предусмотрена зона для хранения катера-бонопостановщика, совмещенная с зоной мойки оборудования ЛАРН горячей водой. Зона имеет комингс высотой 150 мм и оборудована шпигатами слива нефтесодержащих вод в сборные танки. В рабочем положении данные шпигаты закрываются нейлоновыми пробками. Все сточные и хозяйственно-бытовые воды из помещений отводятся по отдельным магистралям в рабочую цистерну установки по очистке и обеззараживанию с последующим сливом за борт.

По энергетической установке (ЭУ) предусматривается: закрытый прием топлива и масла, оборудование цистерн топлива, масла и шлама сигнализацией по верхнему уровню, а также установка поддонов под насосами и фильтрами с последующим сливом жидкости в цистерну. Судно оборудовано инсертатором, предназначенным для сжигания пищевых отходов и мусора. Для сбора отходов и мусора предусмотрены три контейнера.

Как было сказано выше, танкер-бункеровщик предназначен для эксплуатации в условиях низких температур и тяжелой ледовой обстановки. В связи с этим корпус судна выполнен усиленным, в средней части его конструкция отвечает ледовой категории «лед40» Правил РРР, а в оконечностях требованиям РД 212.0148–87 категории «лед70». В Правилах РРР отсутствуют требования по определению ледопроеходимости судов, поэтому мощность главных двигателей, необходимая для создания достаточного упора гребными винтами, была проверена на требования Правил Российского морского регистра судоходства (РМРС). Расчеты подтвердили возможность работы судна в заданных ледовых условиях. Конструктивный мидель-шпангоут танкера приведен на рис. 2.

Основной корпус, надстройка, фундаменты под главные двигатели и крупные механизмы выполнены из углеродистых и низколегированных сталей, предназначенных для судостроения. Листовой прокат – сталь марки РСД32 и стали РСА, РСВ и РСД. Фасонный прокат – сталь марок РСА и РСВ. Пределы текучести – 315 МПа и 235 МПа. Шпация в носовой оконечности составляет 400 мм, остальная – 550 мм. Надстройка выполнена из гофрированных листов.

Защита наружных поверхностей от коррозии и грузовых танков в верхней части высотой примерно 1 м выполнена лакокрасочными покрытиями фирмы «International», для внутренних поверхностей использованы отечественные краски по ОСТ 5 Р9258–95. Подводная часть судна покрыта ледостойкими красками.

В состав судовых устройств на танкере входят:

- три автоматические якорно-швартовые лебедки типа 26 K2, две из них носовые, одна кормовая с тяговым усилием по 40 кН поставки хорватской фирмы «Adria Winch»;
- рулевая машина типа SR562FCP, развивающая номинальный крутящий момент не менее 30 кН·м поставки фирмы «Rolls-Royce»;
- два носовых якоря типа SPEK «SR» массой 900 кг и один кормовой массой 750 кг китайского производства;

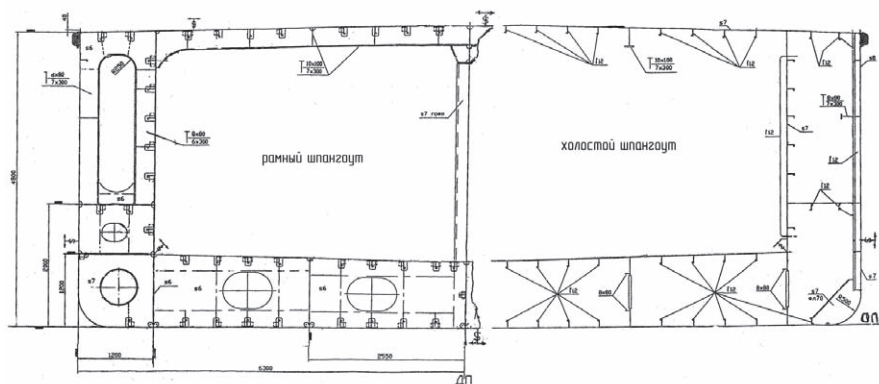


Рис. 2. Мидель-шпангоут танкера-бункеровщика

- кран электрогидравлический типа LKB10.0/15.0–2.0 грузоподъемностью 2 т со складной грузовой стрелой с максимальным вылетом 15 м. Кран предназначен для работ с грузовыми шлангами, спуска/подъема катера-бонопостановщика, погрузки бочек с маслом и обслуживания люковых крышек грузовых трюмов;
- рабочая шлюпка типа «Кайман N-420А» с надувными бортами и алюминиевым корпусом вместимостью 6 человек;
- два сбрасываемых спасательных плота вместимостью 10 человек каждый;
- катер-бонопостановщик БП-690 взрывобезопасного исполнения;
- комплект швартовых канатов из синтетических материалов и стального буксирного троса в комплекте с полубрагой;
- специальный буксировочный гак для обеспечения возможности проводки судна в Казачинском пороге на р. Енисей;
- две односекционные съемные крышки непроницаемого люкового закрытия;
- носовая и кормовая мачты, предназначенные для несения сигнально-отличительных огней и радионавигационного оборудования;

Главная энергетическая установка на танкере состоит из двух дизель-редукторных агрегатов (ДРА) мощностью по 440 кВт с дизелем типа Д116 и реверс-редуктором типа ZF-W650. Вспомогательная энергетическая установка состоит из двух дизель-генераторов (ДГ) типа GASI 12–05 мощностью по 160 кВт с дизелем Д1–12 и одного аварийного дизель-генератора типа GAS4–06 E с дизелем SISU DIEZEL. Все агрегаты – производства шведской фирмы «Scania». Аварийный дизель-генератор используется в качестве стояночного.

В составе котельной установки предусмотрен термальный котел типа Н4-О-ТFO-008 датской фирмы «AALBORG» мощностью 800 кВт с параметрами теплоносителя: на входе +140°C, на выходе +180°C. Вместе с

котлом фирма поставила парогенератор производительностью 750 кг/ч. Для работы дизелей и котла используется дизельное топливо по ГОСТ 305–82.

На танкере функционируют следующие общесудовые системы:

- бытового водоснабжения;
 - сточных и хозяйственно-бытовых вод;
 - пропаривания и отопления;
 - шпигатов открытых палуб;
 - общесудовой вентиляции;
 - охлаждения воздухоохладителей;
 - пожаротушения, состоящая из трех подсистем: водотушения, пенотушения и аэрозольного объемного тушения;
 - трюмных вод и балластная;
 - воздушных и измерительных труб.
- В состав специальных систем входят:
- грузовая система дизельного топлива;
 - грузовая система сепарированного дизельного топлива;
 - грузовая система масла;
 - система мойки грузовых танков;
 - система подогрева груза;
 - система вентиляции грузовой зоны;
 - система выдачи пресной воды;
 - система осушения насосного отделения.

Грузовая система дизельного топлива обеспечивает закрытый прием одного сорта дизельного топлива и обслуживается насосом производительностью до 200 м³/ч. Выдача топлива обеспечивается двумя грузовыми насосами производительностью по 50 м³/ч. Для сепарирования дизельного топлива предусмотрены два сепаратора производительностью по 5 м³/ч. Грузовая система выдачи масла обеспечивает грузовые операции с двумя сортами масла и обслуживается двумя электронасосами производительностью по 5 м³/ч. Система мойки грузовых танков обслуживается двумя переносными моечными машинами производительностью по 11–20 м³/ч. В грузовых системах топлива и масла установлены приборы учета приема и выдачи груза – расходомеры. Пресная вода принимается с берега и обслуживается одним

электронасосом производительностью 40 м³/ч. Трубопроводы систем топлива, масла и пресной воды имеют выходы на оба борта судна.

Основным родом тока на судне является переменный частотой 50 Гц. Электроэнергия распределяется при следующих величинах напряжения:

- 380 В трехфазного тока для силовых потребителей;
- 220 В трехфазного и однофазного тока для основного и аварийного освещения, сигнально-отличительных фонарей, камбузного и бытового оборудования, электрогрелок, навигационных прожекторов;
- 24 В однофазного тока для питания подсветок указательных колонок;
- 12 В однофазного тока для подключения переносного низковольтного освещения;
- 24 В постоянного тока для питания сети аварийного переходного освещения, пожарной предупредительной сигнализации, аварийно-предупредительной сигнализации (АПС), радиотрансляции, громкоговорящей связи, безбатарейной телефонной связи (БТС), системы управления рулем, машинного телеграфа, автоматической идентификационной системы (АИС), авральной сигнализации, подсветки магнитного комплекса и системы управления ДГ.

Пуск главных, вспомогательных и аварийного дизель-генераторов осуществляется электростартерами с питанием от кислотных, гелиевых необслуживаемых и не выделяющих газов аккумуляторных батарей. Кислотные батареи предусмотрены для питания средств радиосвязи. Состав средств радионавигационных приборов соответствует классу судна и месту его эксплуатации.

Степень автоматизации судна соответствует знаку автоматизации А в символе класса судна. В рулевой рубке установлен основной пост управления, организованный на основе пульта управления судном (ПУС), и двух бортовых пультов управления правого и левого бортов. На пульте управления судном устанавливается аппаратура, обеспечивающая судовождение, навигацию и связь. На ПУС также расположены органы для отключения механизмов при пожаре (топливные и масляные насосы, вентиляция и т. д.), органы управления навигационными огнями, навигационными прожекторами, а также предусмотрен контроль частоты и направления вращения гребных винтов, положения пера руля и обобщенная сигнализация

неисправностей технических средств судна. Панели обобщенной АПС установлены также в каютах механика, столовой и канцелярии. На бортовых пультах управления установлены органы управления системы дистанционного автоматизированного управления пропульсивной установкой, органы простого управления системы управления рулем, а также индикаторы частоты вращения гребных винтов и положения пера руля. В МКО имеется резервный пост управления.

Система АПС предоставляет расшифрованные сигналы по контролируемым параметрам главной энергетической установки (включая главные двигатели, реверс-редукторы, валопроводы), электроэнергетической установки (включая вспомогательные дизель-генераторы, основную и аварийную электростанции), котельной установки, инсенератора, сепаратора нефтесодержащих вод, вспомогательных механизмов, общесудовых систем и устройств в объеме требований правил РРР на дисплеях рабочих станций оператора резервного поста управления в МКО и на пульте управления судном в рулевой рубке.

Следует отметить, что вся техническая документация, разработанная КБ «Вымпел» и другими контрагентскими предприятиями, была поставлена на завод в электронном виде. КБ «Вымпел» создало электронную модель корпуса судна, с помощью которой была разработана плазово-технологическая документация, использованная при разработке программ для резки металла, а также при изготовлении корпусных деталей. В составе технического проекта были разработаны технические требования на поставку импортного оборудования и материалов, в дальнейшем были рассмотрены, согласованы с поставщиками спецификации по каждому виду импортного оборудования. Работа выполнялась совместно с предприятиями-контрагентами, которые разрабатывали свою часть документации. Несомненно, и КБ «Вымпел», и завод-строитель расширили опыт работ с привлечением контрагентских исполнителей как при проектировании судна, так и при строительстве.

К сожалению, на сроки строительства танкера повлиял ряд обстоятельств, вследствие которых сдача судна заказчику была сдвинута на два года. Основными причинами столь длительного строительства, по мнению КБ «Вымпел», явились:

1) несвоевременное заключение контрактов на поставку импортного обо-

удования, в результате чего задержалось получение информации о привязке оборудования к судну и, как следствие, задержка с получением заводом рабочих чертежей. Нужно сказать и о задержках с заключением контрактов на поставку оборудования по причине отказа признавать РРР сертификаты на оборудование РМРС и иностранных классификационных обществ. Требование об обязательном наличии сертификатов только Речного Регистра приводило к отказу нескольких иностранных фирм от поставки своего оборудования. С технической точки зрения позиция РРР труднообъяснима;

2) отказ завода от использования при монтажных работах электронных макетов весьма насыщенных помещений, в числе которых – МКО и насосное отделение. Электронные макеты этих помещений разработаны в КБ «Вымпел» и использовались при разработке рабочих чертежей, завод же, ссылаясь на нехватку финансовых средств, отказался от получения электронных макетов;

3) ошибочное, по мнению КБ «Вымпел», решение судоваладельца об отказе от первоначально выбранной комплектной поставки пропульсивного комплекса (ДРА–валопровод–ВФШ) и требование к заводу о самостоятельном изготовлении валопроводов и гребных винтов. Для этого потребовалось разместить заказ на изготовление поковок, а также на обработку гребных валов и винтов на других предприятиях;

4) затянувшийся срок с модернизацией спускового устройства, связанный с установкой дополнительной передвижной тележки и спусковой дорожки;

5) отказ с целью экономии финансовых средств, отказ от присутствия на заводе специалистов КБ «Вымпел» на постоянной основе. Техническое обслуживание велось путем переписки, что сказывалось на времени принятия решений и продвижении строительства.

Тем не менее следует отметить, Красноярская судостроительная верфь, последние годы строившая в основном несамоходный флот, построив танкер-заправщик, приобрела значительный опыт строительства такого рода сложных судов.

В заключение следует сказать, что большая часть комплектующего оборудования на танкере-бункеровщике была использована импортного производства. Отечественное оборудование сегодня либо не производится в России, либо оказывается неконкурентоспособным в сравнении с зарубежными аналогами. ■

Постановка проблемы. Смешанные река-море перевозки сухих грузов в парокходствах восточных бассейнов осуществляют известные суда типа «Сибирский» пр. 292 и пр. 0225, которые хорошо зарекомендовали себя в течение уже 20–30 лет после получения их с финских верфей [1, 4, 5] (рис. 1, 2).

Однако время идет, многие суда этих серий были передислоцированы в европейскую часть и в морские районы Дальнего Востока. Но и оставшиеся суда, несмотря на солидный возраст, продолжают обеспечивать северный завоз.

В качестве объекта исследования выбран транспортный флот ОАО «ЛОРП», отражающий общую возрастную картину работающего в бассейне флота, а также учитывая, что основные современные и перспективные перевозки на территории Якутии выполняет



Рис. 1. Сухогрузное судно пр. 292 типа «Сибирский»



Рис. 2. Сухогрузное судно пр. 292 типа «Сибирский». Море Лаптевых, залив Нелова
Автор фото Андрей Колезонков

именно эта судоходная компания, которая является единственным перевозчиком, осуществляющим завоз грузов в пункты арктического побережья.

Практически все сухие грузы от Чукотки и до Таймыра доставляются судами типа «Сибирский» из порта Тикси и речных портов реки Лены. Вопрос об обновлении таких сухогрузных судов весьма актуален. Но решение его не столь очевидно, как кажется – стоит только перепроектировать в рамках сегодняшних требований существующее судно или, по крайней мере, использовать как прототип с точки зрения размерений и обводов и строй. Слишком мал навигационный период работы, и, соответственно, окупаемость вновь построенных судов без значительного роста тарифов превышает срок службы этих судов. То есть проект становится некоммерческим. Конечно, можно переложить сей выбор на плечи государства и ждать бюджетного финансирования.

В рамках исследований «Морское Инженерное Бюро» предложило несколько иной вариант решения задачи обновления флота сухогрузных судов смешанного река-море плавания, предназначенных для северного завоза. Этот подход изложен в настоящей статье.

Как уже многократно отмечалось в наших публикациях, известно, что, чем больше груза судно возьмет в конкретных путевых условиях, тем больше эффективность этого судна. По сути, «макс» концепты («Волго-Дон макс», «Волго-Балт

МНОГОЦЕЛЕВОЕ СУХОГРУЗНОЕ СУДНО СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ ДЛЯ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
В.И. Тонюк, технический директор, гл. конструктор,
Е.Ю. Дурнев, зам. гл. конструктора,
«Морское Инженерное Бюро – СПб»,
контакт. тел. (812) 233 64 03

макс», «Днепро макс», «Лена макс») дают наибольшую прибыль судовладельцу, причем не только при перевозке грузов, но и пассажиров [3]. Особенностью судов, работающих в восточных бассейнах, являются максимальные размеры судов, назначаемые по условиям управляемости (радиусы поворотов, ширина судового хода), а не по габаритам шлюзов (которых на этих реках нет). Плюс общая «беда» внутренних водных путей (ВВП) – недостаточные глубины.

Кроме того, для самоходных судов восточных бассейнов требования, определяющие их размеры, связаны еще и с особенностями местной судоремонтной базы (слип на Жатайском заводе и плавдок в Осетрово) и возможностями судостроительной базы (вероятнее всего, это будут либо российские заводы на Волге, либо китайские верфи, возможна также модульная сборка на том же Жатайском заводе).

Самая же главная проблема – в окупаемости. Она хорошо понималась на местах, именно поэтому в 90-е гг. значительная часть судов сибирских парокходств была отправлена на «заработки» в морские районы для совершения международных рейсов, где они и остались.

Главная идея нового концепта «Морского Инженерного Бюро» состоит в том, что создать многоцелевое сухогрузное судно река-море плавания, которое будет лучше «Сибирских» по грузоподъемности, причем в широком диапазоне рабочих осадок от 2,5 до 3,5 м, отвечать максимальным габаритным ограничениям существующей судоремонтной базы на реке Лена и иметь достаточный для сезонной работы по Северному морскому пути (СМП) класс Регистра по району плавания и хорошие (для того чтобы вернуться на базу уже в условиях ледообразования и льда до 40 см толщиной) ледовые качества. С другой стороны, новые суда должны быть эффективными на тех перевозках в европейской части, где сейчас работают суда типа «Волго-Дон» (т. е. на линиях речные порты–рейдовые перевалочные комплексы Керчи и Финского залива).

В итоге получается некий симбиоз «Сибирского» и «Волго-Дона», с размерами «Волго-Дон макс» класса, но с более высоким, чем у RSD44, классом по району плавания «М–СП 3,5» против «М–ПР 2,5» и ледовой категорией (Лед 40 против Лед 20). Понятно, что на сегодняшний день лучшими обводами такого класса судов являются так называемые сверххолльные обводы, примененные на судах проектов RST27 (рис. 3), RST54 (рис. 4), RST12, RST28.

Новый концепт RSD62 (рис. 5), в итоге, имеет более эффективные технико-экономические характеристики, чем «Сибирские» пр. 292 и пр. 0225, но при этом и лучше судов пр. 507Б, пр. 1565 («Волго-Доны») и пр. 05074 («Волжские»), обладая более высоким стандартом прочности, чем существующие суда.

Это позволит на начальном этапе, пока еще действующие суда типа «Сибирский» имеют удовлетворительное техническое состояние и могут обеспечивать северный завоз, судну нового пр. RSD62 работать в европейской части на линиях, привыч-



Рис. 3. Нефтеналивное судно пр. RST27. Самая большая серия судов в новейшей истории России
Автор фото Владислав Пономарев



Рис. 4. Комбинированное судно-платформа/танкер пр. RST54. Перевозка насытного груза
Автор фото Валерий Мазин



Рис. 5. Общий вид пр. RSD62 (вид на нос)

ных для судов «Волго-Дон макс» класса, обеспечивая тем самым окупаемость в существенно более привлекательные сроки.

По мере выбытия старого флота на севере суда пр. RSD62 будут осуществлять переход в базовые парокходства и заменять на северном завозе «Сибирские», обеспечивая тем самым безопасное плавание по морским участкам якутского побережья между устьями рек Колыма, Индигирка, Яна, Лена.

Средний возраст судов типа «Сибирский» составляет 29 лет. Поэтому суда пр. RSD62 успеют отработать в европейской части примерно по 10 лет, что обеспечит разумную экономику проекта и, соответственно, если и потребуются

увеличение роста тарифов на северный завоз, то не в столь значительной степени, как сейчас показывают экономические расчеты, выполненные без учета «европейской» эксплуатации.

Таким образом, требуется строительство нового грузового флота смешанного река-море плавания, полностью соответствующего специфике эксплуатации в Ленском бассейне, но с более привлекательной экономикой за счет частичной работы в европейской части.

Если не будет нового флота, то обеспечивать северный завоз по побережью СМП с заходом в устья арктических рек через 10 лет будет нечем – возраст «Сибирских» достигнет 40 лет, что, по нашим оценкам, является предельным возрастом для грузовых судов с точки зрения безопасности мореплавания и рентабельности все возрастающих по объемам ремонтов.

Согласно «Транспортной стратегии Республики Саха (Якутия) до 2025 года» и «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2030 года» предполагалось построить три-четыре сухогруза такого типа (но такая оценка занижает, по нашему мнению, реальную потребность в два раза).

Основными перевозимыми сухими грузами в Ленском бассейне (табл. 1 и 2, без учета завозимых в арктические районы) являются: строительные материалы – 1,64 млн. т (35% от всех сухих грузов); каменный уголь, кокс – 1,01 млн. т (21,6%); лесные – 0,185 млн. т (4,0%). Всего сухих грузов было перевезено 4,68 млн. т, из них в контейнерах – 0,69 млн. т (14,8%) и в пакетах – 0,46 млн. т (9,8%).

Перевозки каменного угля в бассейне в зависимости от расположения потребителей Верхней Лены, Джебарики–Хая осуществляются из порта Осетрово, основной базы снабжения углем территорий Республики Саха (Якутия) и Иркутской области, тяготеющих к водному транспорту, включая обеспечение углем арктических пунктов, за исключением бассейна реки Колыма, где потребности в угле обеспечиваются собственной добычей в п. Зырянка.

Прочие грузы занимают существенное место среди перевозок сухих грузов, так как в их состав входят перевозки груза в контейнерах, перевозки машин на действующей переправе Якутск – Н. Бестях, возврат порожних контейнеров из пунктов завоза груза. Здесь осуществляются перевозки автомобилей на двух действующих переправах вблизи Якутска и контейнерные перевозки из порта Осетрово в направлении Якутска.

Из пунктов Верхней Лены до п. Витим, Ленск, Олекминск следует 45% общего объема прочих грузов. Основной прирост перевозок прочих грузов вызван увеличением завоза различных грузов в п. Витим в адрес «Сургутнефтегаз».

Завоз строительных грузов на территорию Республики Саха (Якутия) водным транспортом осуществляется из

Таблица 1

Распределение объемов перевозки сухих грузов в Ленском бассейне, тыс. т (данные 2012 г.)

Компания	Сухие грузы	Уголь, кокс	Строительные	Черные металлы	Зерно	Хим. и мин. удобрения	Лесные	Прочие	В контейнерах	В пакетах
ОАО «Ленское объединенное речное пароходство»	524,9 (746,2 с учетом арктических)	247,2	111,7	–	–	–	15,1	150,9	38,9	–
ООО «Речной порт Якутск»	851,3	–	–	–	–	–	148,0	703,3	295,1	134,2
ООО «Судоходная компания «Якутск»	1138,4	–	1110,8	–	–	–	17,7	9,9	–	–
ООО «Судоходная компания «Вилуй»	50,4	5,2	41,9	–	–	–	–	3,3	–	–
ОАО «Осетровский речной порт»	859,7	63,3	174,7	88,5	6,6	9,5	3,9	513,2	240,0	321,8
ОАО «Янское речное пароходство»	343,5	315,9	2,2	–	–	–	–	25,4	10,9	–
ОАО «Колымская судоходная компания»	450,8	353,7	–	–	–	–	0,3	96,8	22,5	–
ФБУ «Ленское ГБУВПиС»	80,2	–	80,0	–	–	–	–	0,2	–	–
ПУ «Алмаздор-транс» АК «АЛРОСА»	345,1	5,7	116,5	–	–	–	–	222,9	73,1	–
ДО «Пристань Сеймчан»	36,4	18,8	1,5	0,7	–	–	0,4	15,0	11,7	–
Итого по Ленскому бассейну	4680,7 (4902 с учетом арктических грузов)	1009,8	1639,3	89,2	6,6	9,5	185,4	1740,9	692,2	456,0

Источник: [6]

Таблица 2
Сведения по отправлению сухих грузов флотом
ОАО «ЛОПП» в навигации 2012–2013 гг.

Показатель	Род груза	2012 г.	2013 г.
Всего грузов, тыс. т/млн. т. км		746,2/ 964,9	683,6/ 866,9
В том числе:			
Арктические		221,3/ 420,1	128,5/ 357,0
Центральные		524,9/ 544,8	555,1/ 510,0
Осетрово	Ген. груз, тыс. т	185,4	134,5
	Уголь, тыс. т	–	24,9
	Прочие, тыс. т	5,1	4,2
Якутск, Нижний Бестях	Ген. груз, тыс. т	48,7	78,5
Витим, Чембалоово, Давыдово, прочие	Лес, тыс. т	57,5	80,6
Джебарики–Хая, Олекминск, Зеленый Мыс, Сангары	Каменный уголь, тыс. т	306,6	236,4
Устье р. Олекма, Еловка, устье р. Алдан, прочие	Песчано-гравийная смесь (ПГС), песок, камень, тыс. т	126,4	112,5
Прочие	Разные, тыс. т	16,5	12,0

Источник: Отчет ОАО «ЛОПП»

порта Осетрово, устья р. Олекмы, устья р. Алдан и района г. Якутска. С устья р. Алдан перевозится ПГС, добываемая из русла р. Алдан. Из остальных пунктов перевозится в основном песок.

В адрес потребителей в Витиме, Пеледуде, Ленске поставки осуществляются из Осетрово, что составляет 32,8% общего объема перевозки строительных грузов. Аналогичные объемы песчано-гравийной смеси (ПГС) добываются в устье р. Алдан и доставляются потребителям Якутского куста и на р. Вилюй.

Добываемый песок в районе Олекминска и Якутска потребляется на месте.

Цемент перевозится с цементного завода в п. Мохсоглох преимущественно в адрес строителей Ленска.

Между пунктами Республики Саха (Якутия) водным транспортом перевозится около 185 тыс. т лесных грузов. Основными пунктами отгрузки лесных грузов являются Чапаево, Витим, Юхта, Ичера, на долю которых приходится около 80% перевозок лесопроductии, которая направляется в Якутск и Ленск.

Завоз груза (около 200 тыс. т) в арктические пункты рек Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленек, Хатанга имеет свои существенные отличия и специфику, которые, в первую очередь, требуют накопления грузов, связаны с ледовыми условиями и очищением ото льда прибрежного побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (как правило, третья декада июля), выполнением земснарядами необходимых работ по дноуглублению и расчистке баровых участков на подходе к р. Яна и р. Индигирка для прохода судов смешанного река-море плавания в устьевые пункты.

Эксплуатационный период работы судов смешанного река-море плавания по трассе СМП и завоз грузов в арктические пункты не превышает 65 сут., сопряжен с неблагоприятными погодными условиями (особенно сентябрь), что требует определенного навигационного и гидрометеорологического обеспечения судов и самой трассы СМП, а также согласованных действий участников транспортного процесса.

В перевозках грузов морским путем в пункты арктического побережья задействован только флот ОАО «ЛОПП». Номенклатура грузов северного завоза по сухим грузам – каменный уголь, лес кругляк, пиломатериалы, остальные грузы в контейнерах, техника, оборудование, трубы.

ОАО «ЛОПП» осуществляет перевозку сухих грузов в бассейне р. Лены и ее притоков Витима, Олёкмы, Алдана и Вилюя. Суда смешанного река-море плавания работают на

трассе СМП от порта Хатанга до порта Певек с заходом в реки Анабар, Оленёк, Яну, Индигирку и Колыму.

В настоящее время северный завоз в Ленском бассейне осуществляется по восьми направлениям. Маршруты, составляющие в сумме более 5,6 тыс. км морского пути, пролегают по морям Северного Ледовитого океана от Хатанги до Певека.

Вот некоторые данные 2014 г., которые характеризуют основные задачи судов смешанного река-море плавания, в том числе нового пр. RSD62:

1. По состоянию на 17 сентября 2014 г. отправление грузов в целом по ОАО «ЛОПП» нарастающим итогом составило 1,135,4 тыс. т, что на 182,7 тыс. т больше отчетного периода на сентябрь 2013 г. [7].

2. Всего в навигацию 2014 г. для стабильного жизнеобеспечения населенных пунктов р. Индигирка флотом ОАО «ЛОПП» завезено 64 тыс. т грузов, из них 16 тыс. т каменного угля, 7 тыс. т генеральных грузов и 41 тыс. т различных нефтепродуктов [7].

В соответствии с анализом эксплуатационных и погодных условий в рассматриваемых районах плавания проектируемому сухогрузному судну речного и смешанного река-море плавания для осуществления северного завоза пр. RSD62 был назначен класс PPP «М–СП 3,5» Лед 40, который позволяет эксплуатировать судно в условиях морского перехода по СМП от п-ова Таймыр до п-ова Чукотка в июле–сентябре (класс обеспечивает межустьевые переходы), а также на реках Лена, Индигирка, Оленёк, Анабар, Яна, Колыма, Енисей, Обь, Иртыш. Общий вид судна показан на рис. 6.



Рис. 6. Общий вид судна пр. RSD62 (вид на корму)

При этом в соответствии с анализом ветро-волновых условий и мест убежищ плавание судов класса «М–СП» допустимо в период с 20 июля–сентябрь в следующих районах:

- 10-мильная прибрежная зона от пролива Югорский Шар до п. Хараса-вэй;
- Байдарская губа;
- юго-западная часть моря южнее линии п. Харасавэй – точка пересечения параллели 70° с. ш. с восточным побережьем о. Вайгач;
- 20-мильная прибрежная зона вдоль западного и северного побережья полуострова Ямал от п. Харасавэй до Обской губы через пролив Малыгина;
- 20-мильная прибрежная зона от о. Диксон до устья р. Пясины;
- Хатангский залив;
- проливы Восточный и Северный;
- 20-мильная прибрежная зона вдоль северного и восточного побережий о. Большой Бегичев и от п-ова Нордвик до мыса Терпай-Тумса;
- Анабарский залив;
- Оленекский залив, ограниченный линией, отстоящей на 5 миль к северу от линии мыс Терпай-Тумса – северная оконечность островов Аэросъемки;
- 5-мильная зона вокруг островов Аэросъемки;
- 25-мильная прибрежная зона от островов Аэросъемки до п. Тикси;

- от п. Тикси до устья р. Яна и 20-мильная прибрежная зона вдоль южного побережья от устья р. Колыма (Восточно-Сибирское море);
- от п. Тикси до устья р. Яна и 20-мильная прибрежная зона вдоль южного побережья от устья р. Колыма (Восточно-Сибирское море) (20 июля–сентябрь);
- прибрежная зона вдоль южного побережья в пределах 6–15-метровой изобаты от устья р. Колыма до п. Певек с возможностью удаления от берега до 7 миль в районах м. Летяткина, м. Большой Баранов, м. Малая Бараниха, устья р. Милыеера и северо-западного побережья о. Айон (август–сентябрь).

Автономность судна по запасам топлива, моторного масла, провизии и питьевой воды, а также по накоплению сточных вод, нефтесодержащих вод (НСВ) и мусора оценена в 20 сут. Дальность плавания – не менее 4800 миль.

Параметры автономности выбирались в соответствии с предполагаемыми линиями эксплуатации, особенностями бункеровки в районах Крайнего Севера с учетом возможных простоев судов из-за ожидания требуемых глубин или благоприятного прогноза погоды.

На основе анализа путевых условий было рекомендовано значение габаритной длины в пределах 130–141 м, причем нижнее значение обеспечивает возможность работы практически у всех причалов региона и прохождение всех «узких» мест. Габаритная ширина судна может быть определена в пределах 16,98–22,8 м, причем принятие верхнего значения создаст затруднения для постройки судов на российских верфях.

Рабочий диапазон осадок судна речного и смешанного (река-море) плавания для осуществления северного завоза изменяется в пределах 2,50–3,56 м. Проектировать судно смешанного река-море плавания для работы на осадках меньше 2,0–2,5 м экономически нецелесообразно. При этом следует учитывать, что р. Лена имеет продолжительный период весеннего паводка.

В итоге было разработано многоцелевое сухогрузное судно смешанного река-море плавания для осуществления северного завоза пр. RSD62 с двумя винто-рулевыми колонками, с баком и ютом, с кормовым расположением рубки и машинного отделения, с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, четырьмя трюмами, с цилиндрической носовой и транцевой кормовой оконечностями со следующими основными характеристиками (см. рис. 7):

С целью получения рекомендаций для новых судов из существующего флота отобраны те проекты, которые наилучшим образом зарекомендовали себя для работы на северном завозе: сухогрузы пр. 292 и пр. 0225 типа «Сибирский», пр. 1743 типа «Омский», и в европейской части – пр. 05074М типа «Волжский».

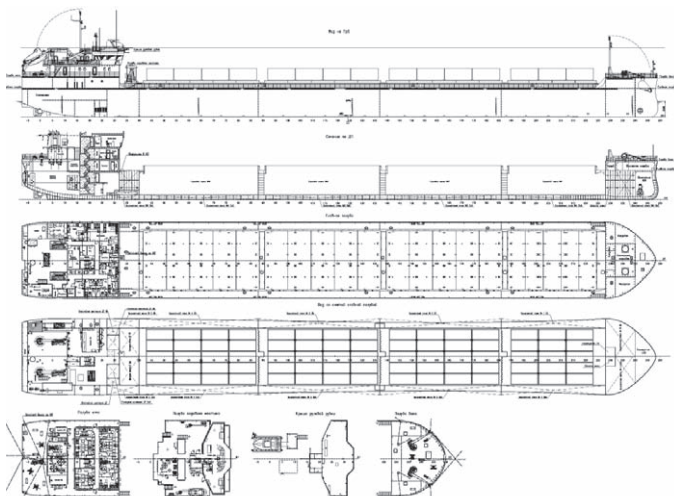


Рис. 7. Общее расположение судна пр. RSD62

Основные характеристики судна пр. RSD62

Длина наибольшая, м.....	141,00
Длина между перпендикулярами, м.....	140,82
Ширина габаритная, м.....	16,98
Ширина расчетная, м.....	16,90
Высота борта, м.....	6,30
Осадка по КВЛ, м.....	3,56
Осадка в балласте (средняя), м.....	3,00
Дедвейт при осадке по КВЛ (море), т.....	5640
Вместимость грузовых трюмов, м³.....	8404
Вместимость балластных танков, м³.....	4706
Контейнеровместимость (TEU/FEU).....	225/105
Максимальная мощность ГД, кВт.....	2×1200
Скорость (при 85% МДМ), уз.....	10,0
Экипаж, чел. (мест).....	9 (14)
Класс РРР.....	✠«М-СП 3,5» Лед 40А

В качестве базы для сравнения из новых проектов для европейской части отобраны ранее созданные «Морским Инженерным Бюро» сухогрузные суда:

- пр. 006RSD02 типа «Надежда» (рис. 8) как обладающие наиболее легким корпусом из построенных судов «Волго-Дон класса» и соответственно имеющие наибольший дедвейт в реке;
- пр. RSD19 типа «Хазар» (см. рис. 9) как наиболее совершенный проект «Волго-Дон макс» класса;
- пр. RSD32 как суда с наибольшей ледовой категорией из рассмотренных и имеющие близкие размеры к судам пр. 0225, пр. 292;
- пр. RSD44 «Волго-Дон макс» класса как самые перспективные основные суда для работы на реках европейской части России.

Сравнение сухогрузных судов выполнено в табл. 3.



Рис. 8. Сухогрузное судно пр. 006RSD03 типа «Надежда»
Автор фото Павел Емельянов



Рис. 9. Сухогрузное судно пр. RSD19 типа «Хазар»

Анализ данных табл. 3 позволяют сделать следующие выводы:

- размеры существующих сухогрузных судов меньше судов «Волго-Дон макс» класса – длина габаритная до 129,50 м (пр. 0225), ширина габаритная до 15,80 м (пр. 0225), высота габаритная от ОП до 15,60 (пр. 292, пр. 0225);
- как правило, наибольшая осадка существующих судов также меньше, чем судов европейского типа;
- существующие суда имеют меньшую энерговооруженность;
- существующие суда имеют меньший дедвейт и меньшую удельную грузовместимость;
- существующие суда имеют больший экипаж.

Сравнительные характеристики сухогрузов пр. 292, 0225, 1743, 05074 М, 006RSD02, RSD19, RSD44, RSD32, RSD62

Характеристика	пр. 292	пр. 0225	пр. 1743	пр. 05074 М	пр. 006RSD02	пр. RSD19	пр. RSD32	пр. RSD44	пр. RSD62
Класс судна	КМ★Л2 II СП, при постройке ✕М-СП 3,5	КМ★Л3 II СП, при постройке ✕М-СП 3,5	КМ★Л4 II СП, при по- стройке ✕М-ПР 2,5	КМ★Л4 III СП, при постройке О-ПР 2,0	КМ ★ЛУ2 1 II СП А1	КМ ★ ЛУ2 1 I А1	КМ ★ЛУ3 I А1	✕О-ПР 2,0 (Лед 20) А	✕М-СП3,5 (Лед 40) А
Длина наибольшая, м	128,43	129,50	108,40	138,40	139,63	139,95	123,17	139,99	141,00
Длина между перпендикулярами, м	125,00	122,00	105,00	135,00	133,84	135,69	117,97	138,90	140,82
Ширина габаритная, м	15,63	15,80	15,00	16,70	16,70	16,70	16,70	16,80	16,98
Ширина, м	15,40	15,60	14,80	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,90
Высота борта, м	5,45	6,00	5,00	5,50	6,00	6,00	5,50	5,00	6,30
Осадка по ЛГВЛ, м	3,17	3,906	3,264	3,518	4,60	4,60	4,20	3,60	3,56
Высота габаритная от ОП до верха несъемных частей, м	15,60	15,60	14,10	16,00	16,20	17,20	16,90	8,00	15,40
Кубический модуль <i>LBH</i>	10940	12277	8130	12712	13990	14023	11313	11759	15012
Валовая вместимость <i>GT</i>	3500	3743	2360	4057	5723	5676	4953	4076	5060
Чистая вместимость <i>NT</i>	1324	1123	910	1378	3353	3109	2675	1848	2591
Объем грузовых трюмов (по нижнюю кромку люковых закрытий), м ³	4812	5431	4383	6853	10870	10956	8790	7086	8404
Кол-во грузовых трюмов	4	4	4	2	4	4	3	2	4
Контейнеровместимость всего/в трюмах, TEU	190/94	192/96	152/64	–	280/210	274/204	240/180	140/140	225/150
Кол-во, мощность, кВт и тип главных двигателей	2×662 ЭГ60	2×662 Г-70–5	2×515 6NVD48A-2U	2×883 6CPH 36/45 (Г70)	2×1150 Wartsila 6L20	2×1200 Wartsila 6L20	2×1200 Wartsila 6L20	2×1200 Wartsila 6L20	2×1200 Wartsila 6L20
Скорость при осадке по ЛГВЛ, уз при % от МДМ	11,0 (100%)	10,0 (100%)	10,4 (100%)	10,2 (100%)	10,5 (85%)	11,9 (85%)	11,0 (85%)	10,5 (85%)	10,0 (100%)
Движительно-рулевой комплекс	2 ВФШ 2 руля	2 ВФШ	2 ВФШ 2 руля	2 ВФШ в поворот- ных насад- ках	2 ВРК	2 винта в насадках + 2 руля	2 ВФШ 2 руля	2 ВРК	2 ВРК
Мощность вспомогательных ДГ, кВт	3×110	3×110	3×50	2×100	3×160	3×240	3×160	2×184	3×160
Мощность аварийного ДГ, кВт	1×59	1×58	1×50	1×50	1×100	1×136 (аварий- но-стоя- ночный)	1×80	1×62	1×60
Мощность подруливающего устройства, кВт	155	110	–	95	160	200	120	120	230
Автономность, сут.	15	15	10	15	25	20	20	10	20
Экипаж / кол-во мест	17/13	14/16	11/14	12/16	12/14	13/16	12/14	9/16	9/14
Вес судна порожнем, т	1813	2115	1178	1832	2508	2653	2398	1954	2437
В море при осадке по ЛГВЛ: дедвейт, т	3483	4743	3197	5091	7078	7004	5129	5727	5640
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	1,46	1,19	1,43	1,41	1,64	1,68	1,83	1,29	1,61
Кoeff. использования водоизмещения по дедвейту	0,6577	0,6916	0,7307	0,7350	0,7384	0,7253	0,681	0,7558	0,6983
Энергозатраты на единицу транс- портной производительности, мощ- ность / (дедвейт × скорость), кВт/т×уз	0,0345	0,0279	0,0310	0,0340	0,0309	0,0287	0,0425	0,0399	0,0361
В реке (осадка 3,50 м): дедвейт, т	–	3823	–	4885	4467	4381	3651	5321	5304
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	–	1,48	–	1,47	2,55	2,64	2,59	1,37	1,72
Кoeff. использования водоизмещения по дедвейту	–	0,6438	–	0,7273	0,6404	0,6228	0,6036	0,7420	0,6852
В реке (осадка 3,00 м): дедвейт, т	3051	2907	2722	3842	3407	3314	2745	4218	4145
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	1,58	1,98	1,69	1,90	3,68	3,86	3,65	1,74	2,25
Кoeff. использования водо- измещения по дедвейту	0,6273	0,5788	0,6979	0,6771	0,5760	0,5554	0,5337	0,6951	0,6298
В реке (осадка 2,50 м): дедвейт, т	2168	2007	2032	2815	2363	2239	1846	3146	2992
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	2,42	2,94	2,31	2,66	5,70	6,21	5,82	2,36	3,25
Кoeff. использования водоизмещения по дедвейту	0,5446	0,4869	0,6330	0,6058	0,4851	0,4577	0,4350	0,6297	0,5511
В реке (осадка 2,10 м): дедвейт, т	1477	1299	1488	2012	1539	1427	1132	2307	2085
Спецификационный УПО груза, м ³ /т	3,71	4,78	3,24	3,86	10,04	11,52	11,04	3,27	5,01
Кoeff. использования водоизмещения по дедвейту	0,4489	0,3805	0,5581	0,5234	0,3803	0,3498	0,3207	0,5550	0,4611

Источник: «Морское Инженерное Бюро»

С другой стороны, при осадках, представляющих интерес для северных регионов, из существующих судов наиболее эффективен пр. 292 – при осадке 3,00 м дедвейт 3051 т, при осадке 2,50 м – 2168 т. Близкий к нему по размерам новый пр. RSD32 – 2745 и 1846 т соответственно. Современное судно для европейских водных путей России пр. RSD44 «Волго-Дон макс» класса – 4218 и 3146 т. Но при этом пр. RSD32 имеет избыточный для рассматриваемой задачи класс I по району плавания, а RSD44 – недостаточный («О-ПР 2,0»).

Новый проект RSD62 (рис.10, 11) сухогрузного судна речного и смешанного река-море плавания для осуществления северного завоза имеет дедвейт при осадке 2,50 м – 2992 т, при осадке 3,00 м – 4145 т, при осадке 3,50 м – 5304 т, что значительно превышает характеристики существующих сухогрузных судов, используемых сегодня для тех же задач.

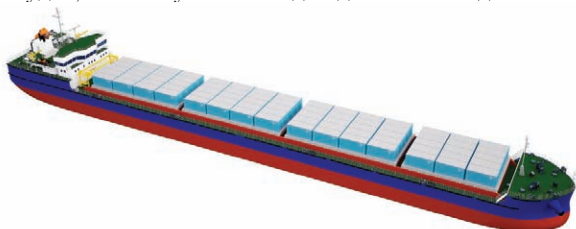


Рис. 10. Общий вид сухогрузного судна пр. RSD62 (вид на нос)

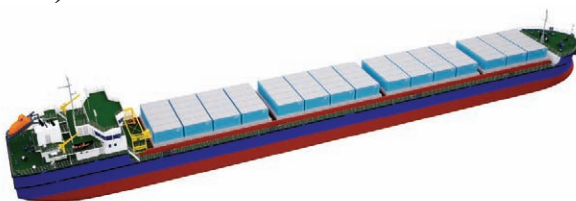


Рис. 11. Общий вид сухогрузного судна пр. RSD62 (вид на корму)

К примеру, при осадке 2,50 м дедвейт судна пр. RSD62 больше на 824 т дедвейта судна пр. 292, на 985 т больше дедвейта судна пр. 0225 и на 960 т больше дедвейта судна пр. 1743.

Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту у судна пр. RSD62 лучше, чем у судов пр. 0225 и пр. 292. По сравнению с судном пр. 1743 незначительно хуже, это объясняется тем, что судно пр. 1743 проектировалось в 70-е гг. под «старые» требования Правил Регистра и на класс М (что ниже, чем М-СП у RSD62). При этом «Омские» имеют максимальную осадку 3,26 м (по первоначальному проекту) и не могут эксплуатироваться с загрузкой на 3,50 м, теряя за каждый рейс значительное количество груза.

Сравнивая судно пр. RSD62 с судами для европейской части Российской Федерации (пр. RSD44, пр. 05074М), можно сказать, что дедвейт судна пр. RSD62 близок к дедвейту судна пр. RSD44 при равных осадках и превышает дедвейт «Волжского». Например, при осадке в реке 3,50 м дедвейт судна пр. RSD62 составляет 5304 т, что практически равно соответствующему параметру судна пр. RSD44 и на 419 т больше, чем у «Волжского». При этом пр. RSD62 имеет более высокий класс по району плавания М-СП (пр. RSD44 класса М-ПР и пр. 05074М класса О-ПР) и ледовую категорию Лед 40, что позволит работать новому концепту до РПК в районе Кавказа круглогодично.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности «временного» эффективного использования судов пр. RSD62 (до момента списания судов пр. 292, пр. 0225) в европейской части для обеспечения окупаемости в существенно более привлекательные сроки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы работы новых сухогрузных судов река-море плавания для завоза грузов в арктические районы определяются следующими факторами:

- активным развитием СМП – к 2020 г., по данным ЗАО «ЦНИИМФ», объем грузоперевозок может достигнуть 60–65 млн. т, а на каботажные и транзитные перевозки будет приходиться порядка 7 млн. т (с учетом смешанных река-море перевозок в Ленском, Енисейском и Обь-Иртышском бассейнах);
- реализацией и необходимостью поддержки существующих проектов промышленности и логистики (газопровод «Сила Сибири», порт Сабетта, «Ямал СПГ», «ГМК «Норильский никель», «Ванкорнефть», плановое обустройство городов и предприятий и др.);
- значительным физическим и моральным старением флота судов внутреннего и смешанного плавания пароходств Ленского, Енисейского, Обь-Иртышского и Обского бассейнов при достаточно стабильном грузопотоке;
- безальтернативностью водного транспорта в значительном числе арктических районов (особенно Ленского бассейна, где доставить материальные и энергетические ресурсы в некоторые отдаленные населенные пункты или на предприятия можно только рекой в период навигации).

Предложено многоцелевое сухогрузное судно река-море плавания, которое лучше «Сибирских» по грузоподъемности, причем в широком диапазоне рабочих осадок от 2,50 до 3,50 м, отвечает максимальным габаритным ограничениям существующей судоремонтной базы на р. Лена и имеет достаточный для сезонной работы по СМП класс Регистра по району плавания и хорошие (для того чтобы вернуться на базу уже в условиях ледообразования и льда до 40 см толщиной) ледовые качества. Новые суда эффективны на тех перевозках в европейской части, где сейчас работают суда типа «Волго-Дон» (т.е. на линиях речные порты–рейдовые перевалочные комплексы Керчи и Финского залива).

Получился некий симбиоз «Сибирского» и «Волго-Дона», размерами «Волго-Дон макс» класса, но с более высоким, чем у RSD44 (рис. 12) классом по району плавания («М-СП 3,5» против «М-ПР 2,5») и ледовой категорией (Лед 40 против Лед 20).



Рис. 12. Сухогрузное судно с пониженным надводным габаритом пр. RSD44

Автор фото Владислав Пономарев

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Г.В. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Ленского бассейна // Проблемы техники. – 2010. – № 3. – С. 3–22.
2. Егоров Г.В. Перевозки отечественным водным транспортом, состоянием речного флота и возможности нового судостроения, в том числе для сибирских рек // Морской вестник. – 2014. – № 2 (50). – С. 7–15.
3. Егоров Г.В. Обоснование выбора главных размерений судов смешанного плавания нового поколения для Ленского бассейна // Проблемы техники. – 2013. – № 1. – С. 5–32.
4. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Енисейского бассейна // Проблемы техники. – 2010. – № 4. – С. 3–19.
5. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Западно-Сибирского региона // Проблемы техники. – 2011. – № 1. – С. 68–89.
6. Речные порты и внутренние водные пути России – 2-е изд.: Федеральный отраслевой справ. – М.: Магистраль, 2013. – 385 с.
7. Сайт ОАО «Ленское объединенное речное пароходство». – URL: <http://www.lorp.ru/> (дата обращения 19.10.2014). ■

Ленинградский судостроительный завод «Пелла» за счет собственных средств спроектировал и построил на новых производственных мощностях современное высокоэффективное промысловое судно ледового класса, предназначенное для ярусного лова донных пород рыб в Баренцевом море и Северной Атлантике.

При разработке документации был учтен передовой опыт мирового судостроения при проектировании, строительстве и эксплуатации современных судов ярусного лова. Силами конструкторского отдела завода «Пелла» основные проектные решения были адаптированы под требования Российского морского регистра судоходства (РМРС).

Проект PL475 предусматривает применение наиболее эффективного ресурсосберегающего способа лова донных рыб, создает благоприятные и наиболее безопасные условия для работы экипажа на промысле.

Основные характеристики судна ярусного лова

Длина наиб., м.....	47,5
Ширина наиб., м.....	12,0
Осадка макс., м.....	5,88
Экипаж, чел.	20, в т.ч. 3–4 чел. – лаборатория ресурсных исследований
Скорость, уз.....	12,5
Дальность плавания, мили	6000
Грузовой морозильный трюм чистый объем, м³.....	462
Автономность по запасам, сут.	25
Символ класса.....	KM Ice2 AUT1 Fishing Vessel по классификации РМРС

Как известно, добыть *крупную донную рыбу* – треску, пикшу, зубатку, палтус и др. – тралом практически невозможно, почти вся крупная рыба его умело избегает. Такую рыбу старших возрастов отлично добывают современные автоматизированные суда ярусного лова, использующие традиционный способ архангельских поморов – крючковую снасть на длинном тресе (хребтине) с поводками и крючками.

В составе промыслового устройства судна предусмотрена специальная ярусная линия, поставляемая норвежской фирмой «Мустад», представляющая собой своеобразную автоматизированную «удочку», которая содержит 57 тыс. крючков, и имеет длину около 30 км.

Наживка на каждый крючок насаживается автоматически в момент постановки яруса. Благодаря компьютерному управлению скорость обработки крючков наживочной машиной достигает 200 крючков в минуту. Вся «удочка» может быть поставлена за пять часов, при этом контакт человека с крючками исключен.

Для автоматизированного извлечения яруса из воды и съема рыбы с крючка предусмотрена автоматическая выборочная машина, которая снимает улов с крючка, направляет рыбу на переработку, крючки – на очистку, а затем вместе с ярусом – в кассеты для сушки и хранения. При этом на судне применена уникальная технология выборки яруса с крючками и рыбой, предусматривающая проведение данной операции полностью внутри корпуса по специальному колдцу в центре судна, без необходимости выхода рыбаков на открытую палубу, что обеспечивает защиту промысловой команды от негативных погодных условий и волн. Выборка улова происходит в наиболее комфортных условиях и исключает сход рыбы с крючков. Благодаря высокому ледовому классу корпуса судно может вести промысел в битых льдах толщиной до 1,5 м, что невозможно в случае тралового лова.

В России современных судов ярусного лова очень мало. 95% объемов морской рыбы в Баренцевом море добывается траловыми судами.

ОАО «ПЕЛЛА» ПОСТРОИЛО ПЕРВОЕ В РОССИИ СУДНО ЯРУСНОГО ЛОВА

И.Л. Вайсман, зам. ген. директора,
И.И. Машура, гл. конструктор, ОАО «Пелла»,
контакт. тел. (812) 336 4066



Рыболовное судно пр. PL475, (вид с левого борта)

Основные преимущества современных судов ярусного лова:

- удельный расход топлива на 1 т добываемой рыбы в 2 раза меньше, чем на эксплуатирующихся в настоящее время донных траулерах, так как не требуется пропульсивная установка большой мощности;
- лов преимущественно крупной донной рыбы старших возрастов способствует сохранению морских ресурсов. Применение донных тралов, по мнению ученых, разрушает экологическую среду обитания молодняка трески, пикши, палтуса и др., что отрицательно влияет на воспроизводство рыбы;
- добываемая ярусом донная рыба имеет высокое качество, поскольку не сдавливается и не травмируется сетью трала, поэтому она очень востребована при продаже в России и на экспорт;
- ресурсосберегающие суда ярусного лова ледового класса пригодны для добычи в Антарктиде одной из самых дорогих рыб в мире – клыкача.

Серийное строительство ярусных судов весьма перспективно, так как они позволяют рациональнее использовать морские биоресурсы страны, особенно с учетом все ужесточающихся международных экологических требований, запретов работать донным тралом в Норвегии и ряде других стран, особенно в прибрежной зоне.

Благодаря оптимальному расположению оборудования и высокой степени автоматизации от момента вылова рыбы до



Рубка судна

момента ее обработки и опускания в скороморозильный аппарат проходит не более 15 минут, что позволяет сохранить высокие вкусовые качества готовой продукции. Замороженная продукция хранится в низкотемпературном грузовом трюме вместимостью около 250 т готовой продукции. Низкая температура заморозки (-37°C) позволяет максимально сохранить качество готовой продукции.

Современная пропульсивная установка производства немецкой фирмы «MaK» обеспечивает прекрасную мореходность и управляемость судна. При этом главный двигатель обладает высокой степенью автоматизации и высокой экономичностью. Также на судне установлено оригинальное подруливающее устройство типа «Памп-Джет» производства немецкой фирмы «Schottel». Оно позволяет двигаться судну на малых ходах в любую сторону без использования основной пропульсивной установки.

Главная энергетическая установки производства фирмы «Caterpillar» обеспечивает электроэнергией всех потребителей судна и обладает высокой живучестью благодаря наличию трёх независимых источников электроэнергии. Также для надежности на судне предусмотрен автономный аварийно-стояночный дизель-генератор.

Высокая степень автоматизации судна соответствует требованиям символа AUT 1 РМРС и позволяет управлять судном одним человеком из ходовой рубки без использования вахты в машинном отделении. Данное преимущество и высокая автоматизация промыслового и рыбообрабатывающего оборудования позволяет полностью выполнять все работы экипажем до 16 человек. Дополнительно на судне предусмотрено размещение ученых в количестве 3–4 человек для научной работы, связанной с изучением недоиспользуемых водных биоресурсов.

Для размещения экипажа на судне предусмотрены:

- 2 одноместные каюты с отдельной спальней и индивидуальным санузлом с душем,
- 14 одноместных кают с индивидуальным санузлом с душем,
- для размещения исследователей состояния биоресурсов дополнительно предусмотрены 2 двухместные каюты с индивидуальным санузлом и душем.

Все каюты оборудованы системой кондиционирования, связью, интернетом, телевизионной системой, телефонной спутниковой связью.

Дополнительно на судне предусмотрены современный камбуз, три провизионные кладовые, столовая, рассчитанная на весь экипаж, общественный санузел, два салона для отдыха, кофе-бар, две прачечные, медицинская каюта с индивидуальным санузлом, раздевалкой, сушилкой.

Для возможности оперативного ремонта промыслового и прочего оборудования предусмотрено помещение механической мастерской с современным станочным парком.

Все помещения имеют негорючую изоляцию. Забивка всех помещений выполнена современными негорючими отделочными материалами.

Рулевая рубка имеет круговой обзор и два закрытых крыла мостика, каждое из которых оборудовано постом управления. Центральный пост управления в рулевой рубке включает навигационные, рыбопоисковые приборы и оборудование радиосвязи, а также необходимые устройства автоматизации, сигнализации и видеонаблюдения.

На судне предусмотрено три отдельных рыбопоисковых устройства.

Для грузовых операций на верхней палубе установлены два грузовых крана австрийской фирмы «Palfinger».

Все механизмы на судне соответствуют требованиям РМРС.

Оснащение нового судна современным оборудованием и высокое качество работ, что является визитной карточкой завода «Пелла», стало весомыми аргументами для крупной



Помещение рыбообрабатывающего оборудования

норвежской рыбопромысловой компании, ставшей владельцем построенного судна.

Необходимо особо отметить, что завод «Пелла» строил это судно для передачи российскому заказчику из Мурманска для реализации утвержденной Росрыболовством программы морских ресурсных исследований ряда регионов Баренцева моря, которые недоступны для тралового лова. Промысловая разведка и исследования на этом судне с участием ученых должны были подтвердить и доказать наличие в Баренцевом море недоиспользуемых ресурсов донных рыб крупного размера старших возрастов. Но предоставление необходимых квот на период ресурсных исследований российскому заказчику так и не было оформлено.

К сожалению, несмотря на рекомендации ученых ВНИРО и Наблюдательного совета «Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов», отечественные заказчики не смогли оценить преимуществ размещения постройки современных рыбопромысловых судов на российских верфях. Они предпочитают либо приобретать суда за рубежом, либо эксплуатировать давно устаревшие морально и физически суда, что не способствует решению задачи технического перевооружения российского рыбопромыслового флота.

Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, рассмотрела вопрос об освоении строительства современных рыбопромысловых судов на российских верфях, положительно оценив опыт завода «Пелла» по строительству первого судна ярусного лова. При этом было особо отмечена настоятельная необходимость ускорить принятие на федеральном уровне нормативно-правовых решений о конкретном механизме государственной поддержки и экономического стимулирования российских рыбаков (заказчиков), необходимых для ускорения реализации инвестиционных проектов строительства за счет внебюджетных средств на российских верфях современных рыбопромысловых судов для обновления рыбопромыслового флота.

Ассоциация судостроителей считает, что для соблюдения баланса интересов бизнеса (рыбаков, судостроителей) и государства необходимо, чтобы *федеральные законы по этому вопросу стали законами прямого действия, а не содержали множество отсылок к нормам*, поручающих Правительству России и соответствующим министерствам и ведомствам разрабатывать конкретные механизмы стимулирования и поддержки обновления флота. Практика показывает, что разработка таких подзаконных актов чиновниками затягивается, а результат далеко не всегда позволяет решать задачи, поставленные высшим руководством страны.

Устранение этого системного недостатка в работе законодателей (Федерального собрания РФ) и исполнительных органов, по мнению Ассоциации, значительно повысит качество управления процессом обновления и развития российского флота, будет способствовать строительству новых высокотехнологичных судов на российских верфях и восстановлению позиций России в Мировом океане. ■

Морская авиация России берет свое начало 4 мая 1912 г. с письменного доклада начальника Морского генерального штаба вице-адмирала А. Ливена о плане создания на флотах авиационных отрядов. Документ был утвержден морским министром И.К. Григоровичем.

С того времени этот род сил становится важнейшим звеном военно-морского флота нашей страны.

Одной из основных ударных групп морской авиации является авиационная группа ТАВКР «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов» в составе 30 самолетов, среди которых – Су-33, Су-25УТГ, МиГ-29К, МиГ-29КУБ.

В настоящее время для обучения летного состава ВМФ РФ в г. Ейск ведется строительство Наземного испытательного учебно-тренировочного комплекса морской авиации (НИУТК МА). Для оснащения комплекса ведущими КБ страны разрабатывается новое оборудование, соответствующее последним требованиям технологичности, безопасности с учетом возможности его использования на существующем ТАВКР и перспективных авианесущих кораблях.

ООО «Винета» выиграло конкурс на проектирование газотражающего щита (ГОЩ), планируемого к установке на НИУТК МА. Подобное оборудование разрабатывается впервые в новейшей истории России.

В конце 80-х гг. для ТАВКР «Адмирал Кузнецов» уже был спроектирован и изготовлен ГОЩ, но его эксплуатация показала множество недостатков конструкции, в связи с чем при проектировании ГОЩ нового поколения от старой концепции отказались еще на стадии эскизного проекта.

Новый проект щита должен был не только нормально и устойчиво функционировать в суровых корабельных условиях, но и обеспечивать снятие при эксплуатации всех ключевых характеристик работы, таких как значение ветровой нагрузки, температуру реактивной струи, температуру поверхности ГОЩ и др.

ГОЩ предназначен для запуска летательного аппарата с палубы авианосца. Его поднятые панели отражают мощный нагретый реактивный поток от готовящегося к взлету самолета, тем самым защищая персонал, работающий на верхней (полетной) палубе за плоскостью ГОЩ, и летательные аппараты, выстраивающиеся для подготовки к взлету.

Газотражающий щит представляет собой пространственную рамную конструкцию, состоящую из панели ГОЩ 1, на которой расположены теплообменные панели 2. К панели ГОЩ крепится кривошипно-коромысловый механизм 3 (рис. 1).

Панель ГОЩ в сложенном состоянии располагается заподлицо с палубой ко-

СОЗДАНИЕ ГАЗОТРАЖАТЕЛЬНОГО ЩИТА ДЛЯ НУЖД МОРСКОЙ АВИАЦИИ ВМФ РФ

И.С. Суховинский, директор,

К.М. Кляус, канд. техн. наук, гл. конструктор,

П.Ю. Петров, начальник сектора – гл. конструктор проекта, ООО «Винета»,
контакт. тел. +7 (921) 340 4311

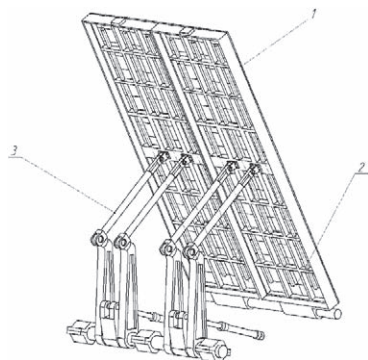


Рис. 1. Общий вид панели ГОЩ

рабля (поверхностью ВПП). После того как самолет займет исходное положение для взлета, ГОЩ посредством гидравлического привода поднимается в рабочее положение. Панели останавливаются под определенным углом к горизонту, обеспечивая оптимальный отвод горячего реактивного потока.

При подготовке к взлету самолет, зафиксированный на специальном удерживающем устройстве, смонтированном в палубе, включает максимальную тягу. Из сопл самолета вырывается поток разогретого до высоких температур газа. При этом при отсутствии какой-либо преграды для этого потока работа и даже нахождение на верхней палубе корабля становятся опасными и для личного состава, и для техники.

Чтобы исключить негативное воздействие реактивного потока непосредственно за стартовыми позициями авианосцев устанавливаются газотражающие щиты. Они принимают на себя всю тепловую и ветровую нагрузку от стартового самолета и защищают людей и технику, готовящие полеты и выполняющие другие работы по кораблю.

Чтобы увеличить скорость выпуска самолетов, во время подготовки летательного аппарата (ЛА) к взлету на стартовой позиции, следующий самолет уже занимает исходную позицию за ГОЩ (рис. 2). После взлета первого самолета газотражающий щит опускается, позволяя следующему летательному аппарату (ЛА) выйти на исходную позицию для старта.

Таким образом, за короткий промежуток времени температура поверхности

ГОЩ должна быть снижена с 800–1000°С до температуры, при которой ЛА на пневматическом шасси сможет по ней проехать без риска тепловых повреждений.

Эффективность и скорость охлаждения панелей достигается за счет использования специального теплопроводного материала, нагревающегося за доли секунды, и циркуляционного охлаждения, обеспечивающего быстрый теплоперенос. В качестве охлаждающего агента может использоваться заборная морская вода, что очень важно при работе непосредственно на кораблях в открытом море.

Техника, устанавливаемая на действующие корабли ВМФ РФ, должна отвечать строгим критериям качества и надежности. Для проверки этих показателей опытный образец ГОЩ будет устанавливаться на учебно-тренировочный комплекс в Ейске для отработки всех режимов работы, снятия ветровых и температурных характеристик, а также для тренировки летного состава перед посадкой на корабль.

Работа на полигоне (рис. 3) также позволит познакомить личный состав морской авиации с устройством ГОЩ, обучить работе с новой техникой, а также адаптировать все узлы и механизмы щита к установке на боевой корабль.



Рис. 2. Расположение летательных аппаратов относительно ГОЩ



Рис. 3. Позиция ГОЩ на полигоне

Одной из важных составляющих при разработке ГОЩ является его независимость от изделий, узлов и материалов иностранного производства. Импортозамещение в области систем и устройств, непосредственно обеспечивающих боеготовность флота и авиации, позволит достичь технической готовности ГОЩ независимо от конъюнктуры рынка за счет внутренних ресурсов Российской Федерации. ■

Начиная со второй половины 2015 г. дискуссия о введении так называемого принципа «квот под киль» и связанной с ним необходимости строительства рыболовных судов на российских верфях набирала обороты и лишь усиливалась по мере появления более четких контуров нового законодательства.

В конечном итоге выкристаллизовались две темы, особенно волнующие как рыбаков, так и чиновников. Первые настаивали на том, что в России вообще невозможно построить современное рыбопромысловое судно, вторые утверждали, что можно не только построить, но и оснастить почти полностью оборудованием российского производства.

По мере того, как новации закона приобретали все более явный характер, снижался и накал споров – оказалось, что и в России что-то можно построить (правда, не везде, не с головного судна и т. п.), а с другой стороны, понятно, что не все и не сразу должно быть российским, и можно начать с 50% или с 30% (и вообще надо разумно эволюционировать). Все это было настолько очевидно, что мы не видим смысла останавливаться на этом более подробно.

Сегодня ясно, что строить в России придется, постаравшись «выжать» из нового закона максимум коммерчески привлекательных условий. Примерно такого же подхода придерживаются и верфи, также не желающие упускать свою выгоду. Очевидно, что нахождение разумного баланса интересов (в каждом конкретном случае) позволит достичь желаемого результата.

К настоящему времени ряд проектов уже запущены, еще большее количество находится «на низком старте». Разумеется, немедленно появились вполне практические вопросы, не имеющие отношения к глобальной дискуссии, но имеющие гораздо более серьезное отношение к постройке судов, чем разглагольствования на тему «возможно ли построить судно в России». В первую очередь это относится к проектированию как начальной стадии судостроительного процесса.

С самого начала было очевидно, что все проекты рыболовных судов, предполагаемых к постройке по программе «квоты под киль», будут иностранными – немногочисленные российские остаются на бумаге (ни один коммерческий заказчик не будет связываться с проектом, не отработанным на практике в условиях, когда на международном рынке таковых более чем достаточно), а единичные суда, построенные в России в последние 15–20 лет, как правило, не удовлетворяют заказчиков по своим характеристикам.

И вот здесь появляется действительно глобальная проблема – практически все проектанты (главным образом разумеется, норвежские) не могут или, вер-

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ К УСЛОВИЯМ РОССИЙСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

А.С. Соловьев, ген. директор,
Д.Н. Егоров, техн. директор,
ПАО «Выборгский судостроительный завод»
контакт. тел. (813 78) 264 32, 286 86



нее, не хотят (по причинам коммерческого характера) работать по российским стандартам и правилам.

Выражается это в следующем: зарубежные заказчики и верфи работают по правилам не Российского морского регистра судоходства (РМРС), а других классификационных обществ, таких как DNV, LR, BV и др., требования которых отличаются по многим вопросам (например, нет жестких требований к наличию якорных цепей для рыболовных судов и т. д.). Кроме того, за рубежом отсутствуют дополнительные требования по вопросам, связанным с санитарными нормами, правилами охраны труда и техники безопасности. В целом судно, построенное под класс РМРС, существенно отличается (в сторону удорожания) от судна, построенного под DNV, например.

В значительной степени отличается подход РМРС и иных классификационных обществ – членов МАКО к общему объему предоставляемой на согласование документации. Зарубежные проектанты представляют классификационный проект, не отражающий многих деталей, которые на данной стадии требуются для РМРС. Общий объем документов, разрабатываемых зарубежными проектантами, подходит, скорее, под определение концептуального или расширенного эскизного проекта, нежели под требования РМРС к объему технического проекта.

Западными верфями предусмотрена такая система работы с контрагентом

(в части электрики, автоматизации и радионавигации), в соответствии с которой непосредственно сам поставщик оборудования ведет разработку детализированной (рабоче-конструкторской) документации на основании концептуального проекта, где указаны лишь основные параметры. Как правило, он же осуществляет и монтажные работы на строящемся судне и, при необходимости, согласование своей документации с классификационным обществом.

Фактически технический проект, подготовленный зарубежным проектантом, представляет собой (по объему документов) примерно 2/3 того, что под ним понимается в российской практике. Следует, правда, отметить, что уровень проработки документации в составе этих «2/3» существенно выше и представляет собой нечто среднее между документацией технического проекта и РКД. Для РМРС этого, конечно же, недостаточно.

Отсюда и вытекает очень острая проблема: при согласовании документации технического проекта в РМРС и иных нормативных органах иностранные проектанты испытывают большие сложности в части доработки и согласования документации до необходимых объемов.

Кроме того, разумеется, никто из зарубежных проектантов не испытывает желания дополнительно выполнять несвойственную им работу – для этого необходимы дополнительные инжене-



ры и время, которое, как известно, — деньги. Что касается последнего, то дополнительная документация в разработке зарубежного (особенно норвежского) проектанта будет стоить заказчику или верфи весьма значительных денег, несопоставимых со сложностью работы.

Конечно, отечественные проектанты очень сильно отстали по возможностям проектирования определенных типов судов (рыбопромысловые суда, суда сейсмозаземки и некоторые другие). И здесь, безусловно, нужно брать лучшее, что есть в мире, и постараться сделать еще лучше. Ведь та же Норвегия постоянно ведет строительство и обновление различных судов. Производители стараются модернизировать оборудование для улучшения эксплуатации. Проектант, в свою очередь, постоянно общается со специалистами судовладельцев и вносит необходимые коррективы в предлагаемые проекты. Все это можно и нужно использовать для развития отечественного проектирования.

Специалистами Выборгского судостроительного завода в настоящее время успешно реализуется (совместно с заказчиками и проектантами) следующая поэтапная схема, позволяющая не только нивелировать вышеописанную проблему, но и обеспечить требуемую скорость постройки судов:

1. Проводятся предварительные переговоры с потенциальным заказчиком на предмет выяснения основных функциональных, качественных и количественных характеристик судна, которых предполагается достичь в результате его строительства.

2. На основании мониторинга рынка проектных услуг, в зависимости от компетенции проектных организаций, включающей в себя как количество построенных судов, так и положительные отзывы верфей-строителей и судовла-

дельцев об уже эксплуатирующихся объектах, выбирается зарубежный проектант, специализирующийся на интересующих заказчика задачах.

3. В совместной работе с техническими специалистами заказчика разрабатывается концептуальный проект судна, отражающий все пожелания заказчика, особенно в части специализированного оборудования, а также предполагаемых условий эксплуатации судна, а именно: необходимый район плавания, ледовые усиления, автономность, количество экипажа, количество перевозимого груза и т. п.

4. Далее к работе подключается российская проектная организация, хорошо знакомая с требованиями правил РМРС, Санитарных правил и норм, Правил по охране труда на морском транспорте, а также имеющая соответствующий успешный опыт согласования проектной документации с соответствующими контролирующими органами.

5. На основании документации зарубежного концептуального проекта отечественными проектировщиками разрабатывается и согласовывается со всеми необходимыми инстанциями технический проект судна. При этом представителям заказчика, безусловно, также предоставляется на согласование документация технического проекта на предмет соответствия ее решениям, заложенным в концептуальном проекте. В том случае, если у надзорных органов или заказчика возникают замечания к разработанному техническому проекту, проектант корректирует документацию, согласовывая решения с заводом-строителем, заказчиком и РМРС в счет технического сопровождения проекта. При этом зарубежный проектант корректирует свою часть проекта, российский — свою. В дальнейшем зарубежный проектант осуществляет авторский надзор при строительстве судна с внесением необходимых корректировок в документацию технического проекта при возникновении доработок, коллизий.

6. Имея на руках готовый технический проект, в котором указаны все основные технические характеристики судового оборудования, силами проектной организации или силами технического центра завода разрабатываются исходные технические требования (ИТТ) на закупку оборудования, которые рассылаются потенциальным поставщикам оборудования.

7. По результатам тендерных процедур заключаются контракты на поставку оборудования. После этого проектанты (зарубежный и российский) вносят корректировки в технический проект (при необходимости) в соответствии с документацией, предоставленной выбранными поставщиками, в счет общей цены договора.

8. На основании документации технического проекта, а также информации, полученной от поставщиков оборудования, разрабатывается рабочая конструкторская документация для строительства судна.

Таким образом, значительно экономится время при проектировании и проведении закупочной процедуры, поскольку закупка оборудования осуществляется на основании уже хорошо проработанной проектной документации, а разработка документов, необходимых для постройки судна, не задерживается из-за отсутствия на начальных этапах информации от поставщиков оборудования.



Кроме того, такая организация работ позволяет отечественным проектантам перенимать передовой опыт зарубежных коллег в тех отраслях науки и промышленности, в которых мы отстали за последние десятилетия, что, безусловно, положительно влияет на общую динамику развития российской судостроительной промышленности.

В заключение хотелось бы сказать, что описанная выше проблема ни в коем случае не означает, что зарубежные проекты неприменимы при строительстве судов на российских верфях или, наоборот, российские верфи «не готовы» к их постройке. Проблема различия технологических подходов к практическому судостроению актуальна для многих стран и решать ее необходимо совместными усилиями проектантов, заказчиков и верфей, не уповав на то, что за большие деньги проектант должен сделать «все, что угодно», либо на то, что потребитель (верфь) должен быть «благодарен» за возможность получить «именитый» проект. В конечном итоге, в этом бизнесе выигрывают те, кто сможет за более короткий срок спроектировать, построить и ввести судно в эксплуатацию. Приведенный нами механизм представляется наиболее приемлемым, оптимальным с точки зрения затрат и, главное, сроков строительства. ■

Экспериментальные исследования структуры вихревого следа, возникающего за крылом, совершающим периодические колебания по углу атаки, проводились в вертикальной гидродинамической трубе ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [1], созданной по образцу установки французского аэрокосмического центра ONERA, Г. Верле [2].

Эксперименты проводились на двух моделях крыльев с симметричным профилем БГ-130 и несимметричным профилем. Координаты симметричного профиля представлены ниже:

x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
y	0	0,0441	0,0572	0,0634	0,065	0,0626	0,0567	0,0471	0,0341	0,018	0

хорда профиля $L = 100$ мм, максимальная толщина профиля $B = 13$ мм, x, y – продольная и поперечная координаты его поверхности. Поперечное сечение несимметричного профиля показано на рис. 1.

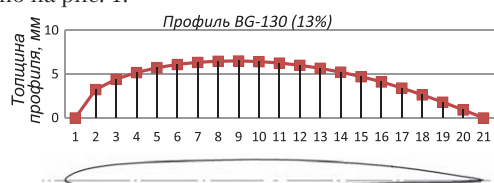


Рис. 1. Форма поперечного сечения несимметричного профиля

Вращательные колебания профиля по углу атаки α происходили относительно середины хорды. Визуализация линий тока проводилась методами подкрашенной жидкости и водородных пузырьков [1]. Рассматривалось обтекание двух вариантов профиля: исходного и профиля с генераторами продольных вихрей, расположенных на одной из поверхностей профиля. Форма генераторов продольных вихрей и схема их расположения на поверхности профиля приведены на рис. 2.



Рис. 2. Модель крыла с вихрегенераторами продольных вихрей.

Внешний контур вихрегенераторов обведен белой линией

Крыло совершало угловые колебания относительно середины хорды с амплитудой по углу атаки $\alpha = 3^\circ$. Частота колебаний составляла $\omega_1 = 1$ кол./с и $\omega_2 = 0,7$ кол./с. Визуализация с использованием подкрашенной жидкости проводилась в среднем по размаху сечения крыла.

В следе за колеблющимся симметричным крылом возникает дорожка вихрей противоположного вращения. Примеры таких дорожек показаны на рис. 3 ($\omega = \omega_1$) и рис. 4.

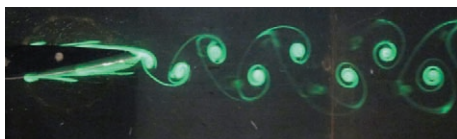


Рис. 3. Дорожка вихрей за колеблющимся крылом

Установка на поверхности крыла генераторов продольных вихрей приводит к их взаимодействию с поперечными вих-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ СИСТЕМ ВБЛИЗИ КРЫЛОВОГО ПРОФИЛЯ, СОВЕРШАЮЩЕГО ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПО УГЛУ АТАКИ

А.С. Пузеев, ст. науч. сотрудник,

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник, ФГУП «Крыловский государственный научный центр», контакт. тел. (812) 415 4874



Рис. 4. Дорожка вихрей за колеблющимся крылом. Шаг между вихрями увеличивается при уменьшении частоты колебаний

рями, связанными с изменением циркуляции вокруг кромки, из-за его колебаний по углу атаки. Установка генераторов продольных вихрей на модели симметричного крыла привела к полному исчезновению поперечных вихрей при стационарном его обтекании в диапазоне углов атаки от $\alpha = 0^\circ$ до $\alpha = 5^\circ$ [3].

Для крыла, совершающего периодические колебания, установка генераторов продольных вихрей на нижней поверхности крыла (рис. 5, 6) ведет к ослаблению поперечных вихрей нижнего ряда (сравним с рис. 3), что означает уменьшение амплитуды колебаний поперечной силы, возникающей при колебаниях крыла.

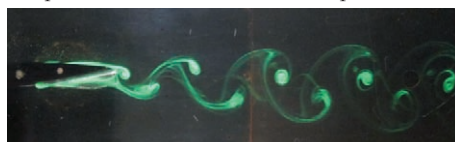


Рис. 5. Хорошо видно значительное уменьшение интенсивности вихрей нижнего ряда и их разрушение



Рис. 6. Хорошо видно значительное уменьшение интенсивности вихрей нижнего ряда и их разрушение

Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности уменьшения переменных сил на крыловых элементах, работающих в условиях изменяющихся во времени углов атаки, путем размещения вблизи поверхности этих элементов генераторов продольных вихрей.

Кроме описанных выше опытов по визуализации обтекания движущегося нестационарно крыла с симметричным профилем толщиной 13%, были проведены аналогичные опыты с крылом несимметричного профиля, относительная толщина которого составляет 6%. При визуализации обтекания такого крыла при колебаниях по углу атаки с амплитудой $\alpha = 4^\circ$ четко были видны две системы поперечных вихрей, возникающих возле крыла: основная система вихрей в следе за крылом, обусловленная колебаниями подъемной силы крыла при периодическом изменении угла атаки, и система вихрей, возникающая на поверхности профиля, связанная с местным отрывом пограничного слоя (рис. 7). Вихри, образовавшиеся в результате отрывов пограничного слоя, сносимые вниз по течению, сли-

ваются с основной вихревой системой в следе, возникающей из-за переменности циркуляции вокруг крыла (рис. 8).

а)



б)



Рис. 7. Образование двух систем вихрей возле крыла. Фото 7,а и 7,б сделаны в различные моменты

а)



б)



Рис. 8. Слияние двух вихревых систем. Фото 8,а и 8,б сделаны в различные моменты

Результаты представленных опытов по визуализации вихрей, возникающих вблизи колеблющегося по углу атаки крыла, позволяют сделать следующие выводы.

В следе за крылом при его гармонических колебаниях по углу атаки возникает не непрерывная вихревая пелена с периодически изменяющейся интенсивностью, что следует из общих представлений теоретической гидромеханики [4, 5], а образуется практически сразу же за задней кромкой крыла система дискретных вихрей с чередующейся по знаку интенсивностью; частота образования этих вихрей определяется частотой колебаний задней кромки крыла; интенсивность вихрей определяется, скорее всего, величиной амплитуды колебаний подъемной силы крыла.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемый многофункциональный двухступенчатый лопастный движитель (МДЛД) включает гребной винт и расположенный за ним двухрежимный контрпропеллер. Гребной винт (передняя ступень) приводится во вращение по традиционной схеме от главного двигателя, а контрпропеллер на реактивном режиме – от автономного двигателя, расположенного в кормовой оконечности судна [1–3]. Под многофункциональностью понимается способность движителя обеспечить следующие режимы: полный ход, маневрирование во всем диапазоне скоростей, малый ход и аварийный ход с сохранением управляемости. Двухрежимный контрпропеллер представляет собой винт регулируемого шага (ВРШ). На полном ходу судна ступица контр-

пропеллера стопорится, а лопасти разворачиваются на шаг, обеспечивающий

полную раскрутку потока за гребным винтом, что приводит к повышению

* Эта статья была представлена авторами в качестве доклада на 22-м Международном симпозиуме «Theory and Practice of Shipbuilding» – SORTA-2016 («Теория и практика судостроения»), г. Трогир, Хорватия, 6–8 октября 2016 г.

а)



б)



Рис. 9. Уменьшение амплитуды колебаний с $\alpha=4^\circ$ до $\alpha=3^\circ$ приводит к уменьшению ширины вихревого следа и зоны отрыва потока на нижней поверхности крыла (в сравнении с рис. 8). Фото 9,а и 9,б сделаны в различные моменты

Вихри, возникающие при местных отрывах пограничного слоя на поверхности крыла при его колебаниях, сносятся к задней кромке и сливаются с основными вихрями, сходящими с колеблющегося крыла; интенсивность образующихся суммарных вихрей определяется общей циркуляцией вокруг профиля (подъемной силой крыла в данном его сечении).

Генераторы продольных вихрей, расположенные на поверхности крыла, создают систему вихрей, взаимодействующую с поперечными вихрями; в результате этого взаимодействия поперечные вихри, возникающие при колебаниях крыла, уменьшают свою интенсивность; вероятно, это приводит к уменьшению амплитуды колебаний поперечной силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарёв А.В., Гузев А.С., Тюшкевич В.А. Методы визуализации обтекания тел в судостроительном эксперименте. – СПб: Изд-во ЦНИИ «Румб», 1987.
2. Werle H. Le Tunnel Hydrodynamique au Service de la Recherche Aerospaciale. – ONERA, France, 1974. – Publ. 156.
3. Гузев А.С., Короткин А.И., Соловьев С.Ю. Взаимодействие вихревых систем при обтекании тел. 13-й Азиатский симпозиум по визуализации (ASV-13), Новосибирск, 2015, июнь.
4. Белоцерковский С.М., Скрипач Б.К., Табачников В.Г. Крыло в нестационарном потоке газа. – М.: Наука, 1974.
5. Некрасов А.И. Теория крыла в нестационарном потоке. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. ■

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЛОПАСТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ЗА КОРПУСОМ СУДА *

А.Р. Тогуняц, канд. техн. наук, зав. отделом АО «Гипрорыбфлот»,
Л.И. Вишневецкий, д-р техн. наук, гл. ученый секретарь,
С.В. Капранцев, начальник лаборатории,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 320 7081, vishli@yandex.ru, sergei.kaprantsev@yandex.ru

пропульсивного коэффициента судна на 6–8% по сравнению с традиционным движительно-рулевым комплексом типа гребной винт–руль [4]. На режиме малого хода (аварийного хода) устанавливается шаг, соответствующий реактивному режиму, и контрпропеллер приводится во вращение с передачей мощности от автономного двигателя.

В работе [5] были представлены результаты исследований МДЛД в равномерном потоке, выполненные в кавитационной трубе специальных двигателей (КТСД) «Крыловского государственного научного центра» (КГНЦ). Исследования гидродинамики МДЛД на различных режимах его работы были продолжены в опытовом бассейне КГНЦ за корпусом самоходной модели судна. Результаты этих исследований и их анализ представлены в настоящей работе.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПОВОГО СУДНА ДЛЯ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применение МДЛД с двухрежимным контрпропеллером целесообразно прежде всего на судах с валовой вместимостью (ГТ) более 500 (ГТ – валовая вместимость по Международной конвенции по обмеру судов, 1969 г.), так как его использование на меньших судах будет сопряжено с трудностями по размещению автономного двигателя, обеспечивающего работу контрпропеллера на реактивном режиме. Кроме того, при выборе типового судна учтена желательность получения в рамках модельных исследований всестороннего опыта и максимально возможной информации, необходимых в дальнейшем для проектирования двухрежимных контрпропеллеров как составной части МДЛД для морских судов различного назначения. Мощность, передаваемая на контрпропеллер для обеспечения малого хода и маневрирования, в конструктивной разработке была ограничена 500 кВт. Как показала в дальнейшем численная оценка, это значение мощности достаточно для достижения скорости малого (аварийного) хода $V_s = 6–7$ уз большинства судов длиной $L_{pp} \leq 80–95$ м (с водоизмещением $\nabla \leq 5000–6000$ м³).

Гидродинамические исследования в рамках опытно-конструкторской работы выполнялись в первую очередь применительно к судам рыбопромыслового флота (по заказу Министерства промышленности и торговли), и с учетом изложенного за типовое было принято судно по размерениям, обводам и архитектуре соответствующее большому тунцеловному судну. Этот тип судов предназначен для добычи высокоценных объектов промысла – тунца в различных районах Мирового океана. Тунцеловные

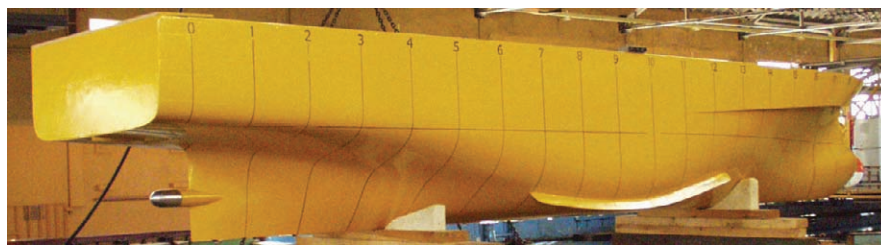


Рис. 1. Модель судна для самоходных испытаний в опытовом бассейне

суда отличаются высокой энерговооруженностью и хорошей мореходностью. На больших тунцеловных судах могут устанавливаться пропульсивные установки с ВРШ. Способы лова тунца не предусматривают использование тралов, поэтому на тунцеловных судах устанавливаются открытые гребные винты. Характерной особенностью этих судов является наличие подруливающих устройств. Перечисленные обстоятельства предопределили выбор главных размерений судна и коэффициентов теоретического чертежа, которые представлены ниже и приняты для модели (рис. 1).

Главные размерения типового судна для модельных испытаний

Длина между перпендикулярами L_{pp} , м.....	75
Ширина B , м.....	14
Осадка носом T_n , м.....	5,55
Осадка кормой T_k , м.....	5,55
Водоизмещение ∇ , м ³	2940
Абсцисса ЦВ X_c , м.....	– 0,9
Подъем центра винта над основной Z_s , м.....	2,0
L_{pp}/B	5,36
B/T	2,52
Коэфф. общей полноты C_B по L_{pp}	0,50
Коэфф. полноты модель-шпангоута C_M	0,90

Валовая вместимость ГТ выбранного типового судна находится в диапазоне 2100–2400. С учетом размещения гребного винта (передней ступени МДЛД) в кормовом подзоре судна [6] его диаметр D принят равным 3,44 м, а относительный диаметр ступицы $d_{ст}/D = 0,3$ (полагается, что на судне установлен ВРШ). Для исследуемого режима полного хода скорость $V_s = 16,5$ уз.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ САМОХОДНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ СУДНА

Исследование гидродинамических характеристик МДЛД и сравнение с гидродинамическими характеристиками традиционного движительно-рулевого комплекса типа гребной винт–руль выполнено в опытовом бассейне КГНЦ за корпусом модели выбранного типового судна. Принятый масштаб модели судна (1:15,64), а также нагрузка гребного винта по упору $C_T = 8 K_r / \pi f^2 = 1,26$ на скорости полного хода судна $V_s = 16,5$ уз позволили выбрать и использовать в качестве передней (рис. 2, а) и задней (рис. 2, б)

ступеней МДЛД те же модели, что и в гидродинамических исследованиях в свободной воде в КТСД. Таким образом, испытания в опытовом бассейне являются непосредственным продолжением ранее выполненной работы [5].

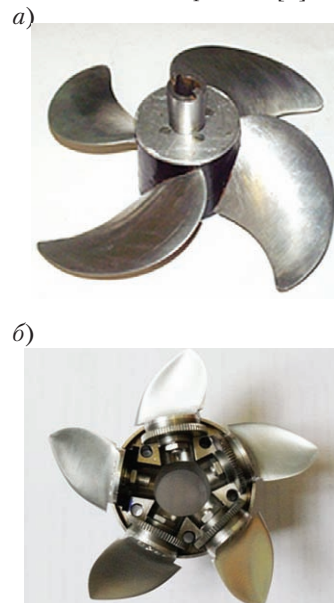


Рис. 2. Ступени многофункционального двухступенчатого лопастного движителя: а – модель передней ступени МДЛД; б – модель задней ступени (контрпропеллера с прямолинейной образующей лопасти № 8244, установочный угол $\varphi = 26^\circ 50'$)

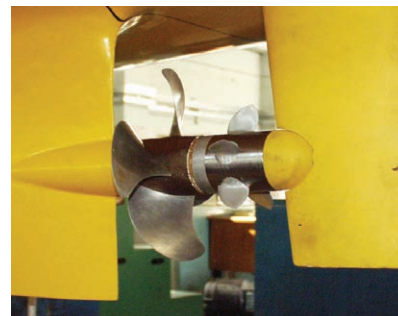


Рис. 3. Кормовая оконечность модели судна с многофункциональным двухступенчатым движителем

Кроме того, МДЛД был испытан с гребным винтом малого диаметра (модель № 8245 на реактивном режиме по геометрии соответствует ВРШ серии 2 ОСТ 5.4129–75 [5]), а также с контрпропеллерами с модифицированной геометрией № 8339, № 8340 и № 8341. Модификация, в частности, состояла в разгрузке перифе-

Таблица 1

Сравнение гидродинамической эффективности традиционного движительно-рулевого комплекса (исходного) и МДЛД с двухрежимными контрпропеллерами различных конструкций на скорости $V_s = 16,5$ уз (коэффициент нагрузки по тяге $K_{de} = 2,21$)

Вариант движителя	Пропульсивный коэффициент η_D	Потребная мощность на винте $P_D = P_E / \eta_D$, кВт	Частота вращения гребного винта, об/мин	P_{Di} / P_{DB}	$(1 - P_{Di} / P_{DB}) \cdot 100\%$
Исходный	0,633	$P_{DB} = 2397$	175,5	1	0
МДЛД с № 8244	0,676	2244	172,2	0,936	6,4
МДЛД с № 8339	0,648	2341	173,4	0,977	2,3
МДЛД с № 8340	0,653	2323	171,8	0,969	3,1
МДЛД с № 8341	0,646	2348	173,4	0,979	2,1
МДЛД с винтом № 8245	0,660	2299	174,4	0,959	4,1
Исходный с обтекателем типа Costa	0,664	2285	173,3	0,953	4,7

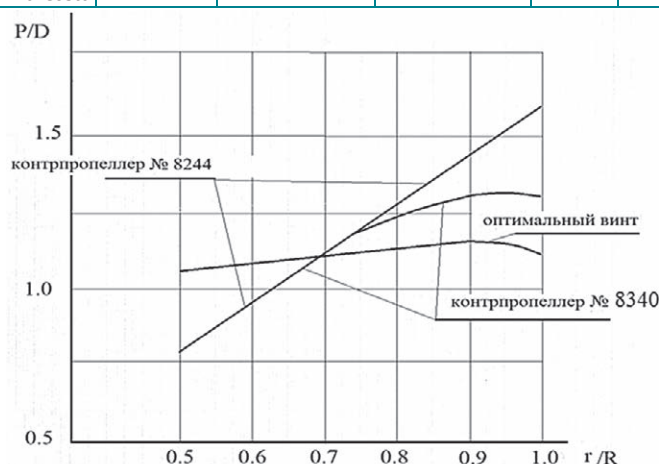


Рис. 4. Радиальные распределения шагового отношения P/D контрпропеллеров с прямолинейной образующей лопасти на реактивном режиме

Таблица 2

Сравнение гидродинамической эффективности контрпропеллеров различных конструкций на скорости $V_s = 7$ уз (коэффициент нагрузки по тяге $K_{de} = 1,3$)

Вариант движителя	Пропульсивный коэффициент η_D	Потребная мощность $P_D = P_E / \eta_D$, кВт	Относительная поступь J	Частота вращения гребного винта, об/мин	P_{Di} / P_{D8245}
Винт малого диаметра № 8245	0,350	331	0,57	191	1
Контрпропеллер № 8244	0,340	341	0,69	158	1,03
Контрпропеллер № 8339	0,275	422	0,60	182	1,27
Контрпропеллер № 8340	0,345	336	0,655	166	1,015
Контрпропеллер № 8341	0,345	336	0,63	173	1,015

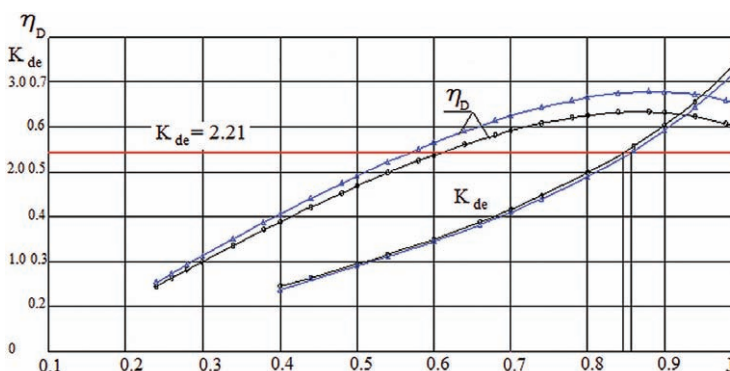


Рис. 5. Результаты самоходных испытаний модели судна с традиционным движительно-рулевым комплексом и МДЛД с контрпропеллером № 8244 (контрпропеллер спроектирован из условия полной раскрутки потока):
 о – исходный вариант (традиционный движительно-рулевой комплекс);
 Δ – МДЛД с контрпропеллером 8244.

рийных участков лопастей различными средствами для большего соответствия радиальной нагрузки лопасти на реактивном режиме оптимальной нагрузке (с точки зрения КПД, рис. 3). Геометрия контрпропеллера № 8339 принята на основе данных для контрпропеллера с криволинейной образующей лопасти, исследованного в работе [5]. Корректировка была направлена на достижение более умеренного характера криволинейности лопасти на ее концевом участке. Геометрия контрпропеллера № 8340 характеризуется уменьшением шага на периферии лопасти по сравнению с контрпропеллером № 8244 (рис. 4). Модель контрпропеллера № 8341 имеет геометрию, приспособленную к работе в реверсивном режиме путем изменения шага (переход с левого винта на правый) через флюгерное положение лопасти. Для минимизации потерь от перемены ориентации кромок (при обеспечении реверса входящая кромка становится выходящей) профиль сечения лопастей выполнен симметричным. Кроме того, контур лопасти также выполнен симметричным, что обеспечило одинаковую откидку входящей кромки как для тянущего, так и для толкающего режима работы контрпропеллера. Для разгрузки периферийного участка лопасти контрпропеллера на реактивном режиме кривизна его сечений плавно уменьшается от $r/R = 0,7$ до нулевого значения на $r/R = 1,0$. Таким образом, корректировки выполнены для исследования возможности повышения пропульсивного коэффициента при работе контрпропеллера в реактивном режиме.

По результатам буксировочных испытаний был выполнен расчет сопротивления воды движению судна и определены уточненные проектные значения коэффициента нагрузки движителя по тяге $K_{de} = J / \sqrt{K_e}$ для режима полного хода ($V_s = 16,5$ уз, $K_{de} = 2,21$, $C_T \approx 1,26$, буксировочная мощность $P_E = 1517$ кВт, диаметр гребного винта $D = 3,44$ м) и для режима малого хода под действием контрпропеллера ($V_s = 7$ уз, $K_{de} = 1,3$, $C_T \approx 3,90$, $P_E = 116$ кВт, диаметр контрпропеллера $D_k = 1,98$ м).

С учетом того, что модель гребного винта (передняя ступень МДЛД) по геометрическим характеристикам соответствует проектному режиму, сравнительные расчеты ходкости судна выполнены непосредственно по результатам модельных испытаний с использованием значений коэффициента K_{de} , характеризующих режим движения судна. Лучший результат по гидродинамической эффективности МДЛД с двухрежимным контрпропеллером был получен в серии испытаний при установочном шаговом угле лопастей контрпропеллера $\varphi = 73^\circ$. Результаты сравнительных самоходных испытаний модели судна

для лучшего результата по энергосбережению (МДЛД с контрпропеллером № 8244) представлены на рис. 5 в виде зависимости пропульсивного коэффициента η_D от кажущейся относительной поступи гребного винта $J = v/\eta D$, а в табл. 1 – для всех вариантов МДЛД.

Наилучший результат показал, как и следовало ожидать, контрпропеллер № 8244, спроектированный из условия полной раскрутки потока за гребным винтом (в пределах диска контрпропеллера). Уменьшение потребной мощности для движения судна со скоростью $V_s = 16,5$ уз составило 6,4%. Результат, полученный в КТСД для этого контрпропеллера (8–9%) [5], не противоречит этим данным, так как в КТСД за МДЛД не было руля, который присутствовал при испытаниях в бассейне как составная часть традиционной компоновки движительно-рулевого комплекса судна на рыбопромысловом флоте. Известно, что руль работает также как контрпропеллер и повышает пропульсивный коэффициент [7]. Контрпропеллеры с разгрузкой концевых сечений лопастей (№ 8339, № 8340, № 8341) способствовали уменьшению потребной мощности не более 3% (см. табл. 1).

Уменьшение потребной мощности на 6,4% было достигнуто за гребным винтом с шаговым отношением $H/D = 1,04$ (на $r/R = 0,6$). Следует ожидать, что вследствие существенной зависимости гидродинамических потерь на закрутку потока от величины шагового отношения [8] для гребных винтов с $H/D \geq 1,1–1,2$ эффект от применения контрпропеллера будет превышать указанную величину и составит 7–8%.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХРЕЖИМНОГО КОНТРПРОПЕЛЛЕРА В РЕАКТИВНОМ РЕЖИМЕ

Сравнительные самоходные испытания модели рыболовного судна на малом ходу под действием контрпропеллера, работающего в реактивном режиме, выполнялись при неработающем гребном винте. На модели его заменила фальшступца (рис. 6). Результаты испытаний представлены в табл. 2.

В отличие от испытаний в равномерном потоке в КТСД [5] гидродинамическая эффективность контрпропеллеров в зависимости от их геометрии при работе за корпусом судна изменяется незначительно (за исключением контрпропеллера № 8339 с криволинейной образующей лопасти) – см. табл. 1, что можно объяснить влиянием радиальной неоднородности потока, имеющей место за корпусом судна. Уменьшение нагрузки на периферийных участках лопастей контрпропеллеров № 8340, № 8341 привело к неко-

торому увеличению пропульсивного коэффициента по отношению к контрпропеллеру № 8244. Как и ожидалось, наилучший результат был получен с винтом малого диаметра (№ 8245).



Рис. 6. Кормовая оконечность модели судна при моделировании малого хода под действием контрпропеллера

Из полученных результатов следует, что найти наиболее предпочтительный вариант геометрии контрпропеллера можно после анализа времени работы конкретного судна на всех эксплуатационных режимах. Однако, учитывая незначительное отличие в гидродинамической эффективности контрпропеллеров с прямолинейной образующей лопасти на реактивном режиме, наиболее вероятным решением такой задачи будет геометрия контрпропеллера, обеспечивающая полную раскрутку потока на режиме энергосбережения (см. модель № 8244). При этом следует иметь в виду, что в данном анализе кавитационные характеристики (начальные формы) не принимаются во внимание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модельные исследования гидродинамических характеристик многофункционального двухступенчатого лопастного движителя за корпусом типового судна в опытовом бассейне КГНЦ показали:

- применение в качестве задней ступени МДЛД двухрежимного контрпропеллера, спроектированного из условия полной раскрутки потока за гребным винтом (шаговое отношение гребного винта $H/D = 1,04$) в пределах диска контрпропеллера, обеспечивает энергосбережение 6,4% при движении типового судна на проектной скорости полного хода 16,5 уз;
- для двухрежимного контрпропеллера, работающего на реактивном режиме в качестве движителя малого хода или резервного движителя, потребная мощность для движения типового судна со скоростью 7 уз составляет 340 кВт.

Можно прогнозировать, что при установке контрпропеллера за гребными винтами с большими шаговыми отношениями ($H/D \geq 1,1–1,2$), эффект энергосбережения составит 7–8%.

Результаты расчетов ходкости сви-

детельствуют о возможности получения для судов, оснащенных многофункциональным двухступенчатым движителем с двухрежимным контрпропеллером, дополнительного знака в символ класса о резервировании (дублировании) элементов пропульсивного комплекса при освидетельствовании судна классификационными обществами, в том числе Российским морским регистром судоходства.

Следовательно, такие суда получают официальный статус, подтверждающий высокий уровень охраны человеческой жизни на море и защиты морской среды. Эти качества особенно важны для плавания в арктических морях. Полученный статус позволит судовладельцу снизить платежи по страхованию судна.

Исследование возможности компромиссных решений по выбору геометрии лопастей задней ступени МДЛД (двухрежимного контрпропеллера) для получения высокой гидродинамической эффективности как на режиме энергосбережения, так и на реактивном режиме, т.е. на малом ходу судна, показало, что незначительная разгрузка периферии лопастей контрпропеллера существенно уменьшает (в два раза) его эффективность на режиме энергосбережения. В тоже время улучшение пропульсивных характеристик на реактивном режиме за счет разгрузки периферии лопастей с прямолинейной образующей оказалось не значительным. Применение криволинейной образующей лопасти отрицательно повлияло на пропульсивные характеристики.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тогуниц А. Р. Способ движения и маневрирования судна и лопастной движительный комплекс. – Патент РФ № 2 098 316 // БИ. – 1997. – № 34.
2. Togunjac A. R. Two-Stage Multipurpose Screw Propulsor // Brodogradnja-44 (1996). – 1. – Р. 34–38.
3. Тогуниц А. Р., Седых Е. А., Вишневецкий Л. И. Грузовое судно с многофункциональным двухступенчатым лопастным движителем. – Патент на полезную модель № 150293 // БИ «Полезные модели». – 2015. – № 4.
4. Вишневецкий Л. И., Тогуниц А. Р. Корабельные лопастные движители: новые технические решения, результаты исследований. – СПб.: Судостроение, 2011.
5. Togunjac A. R., Vishnevsky L. I., Moreschildt K. V. Hydrodynamics Characteristics of the Dual-Mode Contra Propellers. Proceedings of the XXI Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding in Memoriam prof. Leopold Sorta, Baška, 2014, October 2–4, p. 291–300.
6. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. Т. 1, 2015.
7. Справочник по теории корабля. – Т. 1. – Л.: Судостроение, 1985. с. 603.
8. Русецкий А. А. Гидродинамика винтов регулируемого шага. – Л.: Судостроение, 1968, с. 28. ■

К 85-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА П.А. ШАУБА

Петру Александровичу Шаубу, крупному ученому в области исследовательского проектирования кораблей и судов ВМФ, проработавшему в этой области 55 лет, 31 октября 2016 г. исполнилось 85 лет.

После окончания ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского в 1955 г. он служил в частях ДКБФ, а с 1961 г. после окончания с отличием Военно-морской академии кораблестроения и вооружения служит в НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», пройдя путь от младшего научного сотрудника до начальника управления.

В 1964 г. ему присуждена ученая степень кандидата технических наук, в 1977 г. – ученая степень доктора технических наук.

В 1973 г. он – старший научный сотрудник, в 1985 г. – профессор, а в 1996 г. ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки РФ, в 2004 г. – лауреата премии Правительства Российской Федерации.

В 1994 г. его избирают в действительные члены Академии военных наук РФ, в 2016 г. – Академии инженерных наук РФ, в 2007 г. – действительным членом Санкт-Петербургской инженерной академии при Правительстве Санкт-Петербурга по специальности «Судостроение».

П.А. Шауб – автор около 150 научных работ, в том числе четырех монографий. В указанных работах сформулирован и решен комплекс задач, по проектированию современных кораблей и судов обеспечения с широким применением электронно-вычислительной техники (ЭВТ).

Профессор П.А. Шауб стоял у истоков внедрения ЭВТ в научные исследования и создание первой в стране автоматизированной системы исследовательского проектирования кораблей и судов «Чертеж». При его участии и научном руководстве проведено 10 НИР по созданию принципиально новой методологии автоматизированного исследовательского проектирования.

Петр Александрович активно занимается внедрением ЛВС в практику научных исследований и деятельности НИИ в целом. Он – активный изобретатель, имеет 37 авторских свидетельств.

В последние годы П.А. Шауб большое внимание уделяет повышению живучести кораблей и судов, ее комплексной оценке. В 2013 г. вышла в свет его монография «Качка поврежденного корабля. Динамическая непотопляемость», а в последние пять лет опубликованы 9 статей в журнале «Морской вестник».

П.А. Шауб – инициатор создания и организатор конференций по морским



интеллектуальным технологиям, начиная с 2005 г. он ведет большую педагогическую работу. С 1970 г. его периодически привлекают к чтению лекций в Военно-морской академии по курсу проектирования кораблей, а с 1998 г. он работает в ВМИУ по совместительству. Им отработан новый курс лекций по использованию САПР в исследовательском проектировании, выпущен один учебник и четыре учебных пособия. Он неоднократно являлся членом Государственной экзаменационной комиссии ВМА, пять лет подряд был заместителем председателя ГЭК ВВМИОЛУ им. Ф.Э. Дзержинского.

Под научным руководством П.А. Шауба 19 соискателей успешно защитили диссертации, из них четверо – докторские.

Параллельно с научной деятельностью П.А. Шауб большое внимание уделяет решению практических вопросов. В течение 17 лет он был наблюдающим и главным наблюдающим. Под его

непосредственным наблюдением было принято более 14 кораблей и судов для ВМФ. Более пяти лет он проработал на верфях Польши и Германии в должности старшего военпреда, что сделало его ученым-практиком.

Профессор П.А. Шауб ведет большую научно-общественную работу, являясь много лет (с 2002 г.) президентом Ленинградского областного правления НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. За большую работу по мобилизации научно-технической общественности на успешное выполнение стоящих перед ней задач в 1988 г. ему было присвоено звание «Почетный член РосНТО им. акад. А. Н. Крылова».

В последние годы профессор П.А. Шауб является вице-президентом Международного и Российского НТО судостроителей.

В настоящее время капитан 1 ранга в отставке П.А. Шауб плодотворно трудится в должности ученого секретаря НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ, вкладывая свой опыт и знания в подготовку научных кадров института. За последние 25 лет его работы в институте успешно защищено 60 докторских и 232 кандидатских диссертации.

За успехи в научной деятельности и заслуги в создании кораблей отечественного флота П.А. Шауб имеет благодарности от министра обороны РФ, Главнокомандующего ВМФ, награжден 24 орденами и медалями, в том числе 12 правительственными.

Друзья, коллеги и ученики поздравляют Петра Александровича с этой знаменательной датой, желают ему здоровья и дальнейших творческих успехов на благо развития Российского флота.

Журнал «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям и желает юбиляру творческого долголетия и благополучия. ■



Начиная с 2013 г. АО «51 ЦКТИС» разрабатывает комплекс стандартов и других нормативных документов в обеспечение системы технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ.

Военные стандарты судостроения ОСТВ5 Р.0766–2015 и ОСТВ5 Р.95122–2015 можно приобрести в НИИ «Лот» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Нормативные документы с обозначением АФВГ – в АО «51 ЦКТИС».

НОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА КОРАБЛЕЙ ВМФ

Ю.И. Витенбергский, гл. специалист АО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 315 4945

Таблица

Состав документов и состояние их разработки

Обозначение и наименование документа	Состояние разработки
ГОСТ РВ. Корабли и суда ВМФ. Система технического обслуживания и ремонта. Основные положения	Представлен для принятия в подразделения Росстандарта и во ВНИИНМАШ в августе 2015 г.
ГОСТ РВ. Корабли и суда ВМФ. Порядок продления установленных сроков службы. Основные положения*	Представлен для принятия в подразделения Росстандарта и во ВНИИНМАШ в сентябре 2016 г.
ГОСТ РВ. Корабли и суда ВМФ. Ремонтные документы. Номенклатура. Требования к построению, содержанию и изложению	Представлен для принятия в подразделения Росстандарта и во ВНИИНМАШ в октябре 2015 г.
ГОСТ РВ. Корабли и суда ВМФ. Документы для ремонта. Порядок изменения технических требований	Представлен для принятия в подразделения Росстандарта и во ВНИИНМАШ в октябре 2015 г.
ГОСТ РВ. Корабли и суда ВМФ. Ремонтные документы. Порядок разработки и поставки	Разработка проекта стандарта была прервана в марте 2015 г. в связи с разногласиями между ведущими организациями ВМФ и промышленности. В настоящее время разногласия сняты, доработанная окончательная редакция разослана на согласование.
ОСТВ5 Р.0766–2015. Корабли и суда ВМФ. Типовая ведомость сервисного обслуживания. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию	Утвержден и введен в действие с 01.01.2016 г.
ОСТВ5 Р.95122–2015. Корабли и суда ВМФ. Дефектация. Основные положения	Утвержден и введен в действие с 01.01.2016 г.
АФВГ. 360090.001. Корабли и суда ВМФ. Правила составления и оформления типовой ремонтной ведомости	Нормативный документ утвержден и введен в действие в 2014 г. В 2017 г. планируется доработка по опыту применения
АФВГ. 360090.002. Корабли и суда ВМФ. Правила составления и оформления типовой ведомости приемок ОТК и заказчиком	Нормативный документ утвержден и введен в действие в 2014 г. В 2017 г. планируется доработка по опыту применения
АФВГ. 360090.003 Корабли и суда ВМФ. Правила составления и оформления ведомости трудоемкости	Нормативный документ утвержден и введен в действие в 2014 г. В 2017 г. планируется доработка по опыту применения

* Основной исполнитель стандарта – АО «НИПТБ «Онега». Соисполнители – АО «51 ЦКТИС» и Научно-исследовательский институт кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия».

Основополагающим при разработке этих документов является проект государственного военного стандарта (далее – ГОСТ РВ) «Система технического обслуживания и ремонта. Основные положения». В проекте этого стандарта с учетом особенностей кораблей ВМФ как объектов технического обслуживания и ремонта (далее – ТОиР) установлены:

- термины и определения, общие для всех стандартов системы;
- комплексный подход к построению и функционированию системы, предусматривающий сочетание стратегий ТОиР, технических средств обеспечения, исполнителей и информационного обеспечения;
- виды ТОиР кораблей, их составных частей и комплектующих изделий;
- содержание и роль сервисного обслуживания в системе ТОиР;
- стратегия ремонта по техническому состоянию – единственная рекомендуемая стратегия для всех видов ремонта корабля (для комплектующих изделий допускается применение других стратегий);

- мониторинг технического состояния – основа для определения технического состояния в период эксплуатации корабля;
- для кораблей, проектируемых для особых условий эксплуатации, может быть применена стратегия ремонта по сроку службы и (или) ресурсу;
- типовая организационно-техническая документация (в том числе типовая ремонтная ведомость) является информационной основой для определения состава и объема работ по заводскому и доковому ремонту корабля.

Проект ГОСТ РВ «Корабли и суда ВМФ. Порядок продления установленных сроков службы. Основные положения» устанавливает порядок продления срока службы кораблей на период свыше одного года при выполнении заводского ремонта. Продление сроков службы кораблей в пунктах базирования на один год должно осуществляться по нормативной документации ВМФ (разрабатывает НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ).

Проект ГОСТ РВ «Корабли и суда ВМФ. Ремонтные документы. Номенклатура. Требования к построению, содержанию и изложению» разработан взамен ГОСТ РВ 50666–94 «Документация ремонтная на корабли ВМФ. Общие требования к номенклатуре, построению, содержанию и изложению». Учтены изменения, принятые в документах по стандартизации, разработке и применению электронных документов и накопленный опыт работы.

Проект ГОСТ РВ «Корабли и суда ВМФ. Документы для ремонта. Порядок изменения технических требований» разработан взамен ГОСТ 24149–80 «Судовые ремонтные документы. Правила внесения изменений». Изменения касаются в основном приведения в соответствие с действующими документами по стандартизации.

Проект ГОСТ РВ «Корабли и суда ВМФ. Ремонтные документы. Порядок разработки и поставки» разработан взамен ГОСТ 24148–80 «Судовые ремонтные документы. Правила составления и согласования» и ГОСТ 24150–80 «Судовые ремонтные документы. Правила пос-

тавки». В проекте стандарта сохранено положение ГОСТ 24148–80 о разработке ремонтных документов по отдельному контракту (во изменение сложившейся практики разработки ремонтных документов в счет стоимости строительства корабля). Установлено, что документы для заводского ремонта корабля должны быть разработаны не позднее трех лет после сдачи головного корабля, а для до-

кового ремонта – не позднее одного года.

Для обеспечения своевременного планирования и координации действий всех участников разработки ремонтных документов предусмотрено назначение головной организации по разработке ремонтных документов на корабли ВМФ. Допускается назначение двух головных организаций, например, одна – по подводным лодкам, другая – по надводным кораблям.

Для разработчика большой интерес представляет опыт применения введенных в действие военных стандартов судостроения и нормативных документов с обозначением АФВГ. Просьба направлять свои замечания и предложения по адресу: 190000, Санкт-Петербург, Английская наб., 38, исполнительному директору АО «51 ЦКТИС» Г. Н. Муру. ■

На протяжении трехсотлетней истории российское судостроение пережило немало циклов упадка и подъема. Всякий упадок вызывался действием негативных факторов, а преодолевался за счет анализа таковых и поиска новых ресурсов, подходов и методов.

К сожалению, последний период упадка (1975–2010 гг.) отличается наибольшей продолжительностью, глубиной разрушительных явлений, а главное – пессимизмом. Несмотря на желание руководства страны, выделение значительных материальных и интеллектуальных ресурсов, неоднократные попытки поиска плодотворного подхода к возрождению отрасли к успеху не привели.

В настоящее время уже признано, что причина хронических неудач – кризис системы управления и прежде всего его стратегического компонента, отвечающего именно за развитие отрасли.

Если рыночный механизм справляется с оперативным управлением, то исчезновение прежних субъектов стратегического управления (отраслевое министерство, государственный план, Военно-промышленная комиссия и т. д.), обесценение и утрата методического инструментария, который отвечал бы вызовам динамичной и нестабильной среды, требует создания новой системы стратегического управления.

Самый проблемный компонент этой системы – прогнозирование. Об актуальности данного направления свидетельствует то, что никто не смог предсказать негативных последствий попыток вывода судостроения из кризиса (приватизация, стратегия государственного программирования, инвестиции, ренационализация, оптимизация активов, кластеризация).

Повышение роли прогнозирования в индикативном варианте стратегического управления обусловлено как ростом влияния факторов, неподвластных лицу, принимающему решения, так и неоднозначностью последствий принятых решений.

Прогноз – предсказание, суждение о состоянии какого-либо явления в будущем, а функция прогнозирования – специальное научное исследование перспектив развития какого-либо явления.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

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

Если исходить из особой важности процедур прогнозирования при создании индикативной системы управления в судостроении, то естественным становится вопрос о том, что же следует прогнозировать и каким образом, т. е. необходимо определить предмет, параметры, методы.

Принято считать, что показатель – это количественно выраженная характеристика объекта, процесса, явления, в то время как индикатор – отображение контролируемого параметра (т. е. показателя), представленное в удобной для пользователя форме. Это приводит к восприятию индикатора как чего-то косвенного, производного и вторичного. Отсюда и распространенное мнение о предпочтительности возврата к «управлению по показателям» перед «индикативным управлением».

Между тем индикатор как носитель управленческой информации обладает неоспоримыми преимуществами перед показателем. Среди них:

- индикатор не поддается сворачиванию и раскрытию, т. е. препятствует созданию в цепях управления лишних звеньев, не принимающих решений и не отвечающих за них;
- индикатор может быть индивидуализирован применительно к каждому объекту управления и наиболее объективно отражать его состояние;
- индикатор не подвергается сознательному искажению.

Именно поэтому в странах, наиболее продвинутых в области индикативного управления экономикой (Япония, Франция), оно законодательно оформлено в виде порядка определения целей развития, системы институтов государственного воздействия и процедуры собственного индуктивного планиро-

вания, включающей формирование и периодический пересмотр (адаптацию) системы индикаторов.

Правительственная комиссия тестирует плановые параметры на сбалансированность и соответствие макроэкономическим целям. Ключевая задача заключается не столько в обработке статистических данных, сколько в задании ориентиров для менеджеров государственных и частных предприятий, соответствующих их интересам и, главное, способствующих достижению основных индикаторов программы.

Из вышеизложенного можно сделать существенные для разработки системы стратегического управления судостроения выводы:

- индикативное планирование не тождественно директивному; при его реализации нельзя надеяться на возможность использования всего комплекса административных ресурсов;
- индикативное планирование – гибкий способ объединения ресурсов подсистем для достижения поставленных системой целей;
- соотношение между долями индикативного и директивного управления есть задача, самостоятельно решаемая субъектом управления, исходя из поставленных государством целей и условий;
- вмешательство в процессы хозяйственной деятельности в условиях индикативного управления возможны, но они опосредованы и редки во времени, так как снижают гибкость системы.

Общепринятое определение индикатора как «инструмента отображения состояния и тенденций развития процесса в наиболее удобной для пользо-

Матрица индикаторов стратегического управления

Индикаторы				Цель			
№ п/п	Уровень	Группа	Содержание	Безопасность	Реиндустриализация	Рынок	Выживание
				Госзаказ	Импортозамещение	Конкурентоспособность	
1	1. Результат		1. Выпуск продукции	+	+	+	+
2	2. Потенциал /ресурсы/		2. 1. Трудовой ресурс	+	+		
3			2.2. Производственные мощности	+	+		
4			2.3. Интеллектуальный ресурс	+			
5			2.4. Компетенции	+	+	+	
6	3. Эффективность	3.1. Ресурсная эффективность	3.1.1. Производительность		+	+	
7			3.1.2. Цикл			+	
8			3.1.3. Загрузка	+			+
9		3.2. Конкурентоспособность	3.2.1. Доля мирового рынка			+	
10			3.2.2. Доля в российских заказах		+		
11			3.2.3. Секторная структура производства	+	+		+
12			3.2.4. Экспорт			+	
13		3.3. Мультипликативность	3.3.1. Коэффициент «Размножения»		+		
14			3.3.2. Доля российских поставщиков		+		
15			3.3.4. Точки роста		+		

вателя форме», как всякое принципиальное определение, безусловно, верно, но недостаточно и нуждается в детализации и конкретизации.

Таким образом, необходимо создать систему индикаторов, которая должна обладать:

- иерархией, т. е. подразделять индикаторы по степени значимости для достижения целей системы;
- когерентностью, т. е. основываться на непротиворечивых оценочных критериях;
- универсализмом, т. е. пригодностью для анализа, планирования, контроллинга и оценки результатов как для стратегического управления отраслью в непрерывном режиме, так и в режиме программно-целевого управления;
- привязкой к отраслевому уровню управления, не вторгаясь ни в сферу ответственности федеральных органов исполнительной власти, ни в область компетенции органов управления отдельных предприятий;
- ограничениями по времени ожидания результатов от действий косвенного характера (не более 10–15 лет);
- исключением малозначимых тенденций либо процессов, лежащих вне власти субъекта управления;
- ориентацией на управление развитием системы.

В процессе развития системы любой набор индикаторов неизбежно стареет. В частности, ни один из макроэкономических индикаторов, широко используемых в настоящее время, не существовал сто лет назад. Они были изобретены для измерения экономики индустриальных национальных государств середины XX столетия и носили скорее справочный характер. Вызывает сомнение перенос индикаторов макроуровня, на котором они являлись иллюстрацией успехов политического руководства стран, на микроуровень. Для этого следует, как минимум, доказать, что, например, желание повысить валовый внутренний продукт (ВВП) на каждом предприятии приведет к росту ВВП по стране.

В настоящем продолжают попытки поиска новых индикаторов или изменения их набора. Управляющая система должна не умножать количество индикаторов, а подбирать индикаторы для решения поставленных в процессе управления задач.

Применительно к судостроительной промышленности наиболее рациональным представляется избрать трехуровневую иерархию индикаторов (таблица).

Верхний, глобальный, уровень – индикатор результата функционирования отрасли, отражающий выполнение ею своей миссии. При этом традиционная

трактовка миссии как «максимальное удовлетворение потребностей общества в своей продукции и услугах» приводит к ряду вопросов:

- каким образом можно оценить эти потребности с достаточной объективностью;
- в какой мере на величину этой оценки влияют факторы, лежащие вне отрасли;
- каким образом возможно учесть динамику изменений потребностей под влиянием неконтролируемых внешних обстоятельств.

Например, оценки потребителей и независимых экспертов (в частности, разработчиков стратегий, концепций, программ) говорят о годовой потребности флота судов смешанного плавания в 300–400 тыс. двт, в то время как платежеспособный спрос судовладельцев не превышает 120–180 тыс. двт. Факторы, определяющие столько большую величину поправочного коэффициента при переходе от потребности к спросу, лежат преимущественно в институциональной области (ставки кредита, налоги, таможенные пошлины и т. д.), т. е. вне контроля отрасли, а вопрос, что удовлетворять: потребность или спрос, становится ключевым при выборе глобального индикатора.

По мнению автора, наилучшим решением будет выбор в качестве глобального индикатора объема продукции. Он характеризует в комплексе не только способность произвести продукцию (т. е. нали-

чие потребных ресурсов, возможностей и умения должным образом их использовать), но и реализовывать ее, удовлетворив платежеспособный спрос в условиях, складывающихся здесь и сейчас.

Поскольку применявшиеся ранее стоимостные измерители объема продукции (валовая, товарная, нормативно-чистая и т. п.) обладают рядом недостатков, целесообразно исследовать возможность замены их натуральными измерителями, которые из-за сложности и многообразия судостроительной продукции могут применяться лишь в форме условно-натуральных, точнее приведенно-натуральных единиц. Предложенные измерители обладают следующими достоинствами:

- стабильность на протяжении 150–200 лет, т. е. на всем протяжении существования стального судостроения;
- независимость от изменений институциональной среды (социально-экономических формаций, валюты, налогов, методов искажения);
- сопоставимость по типам, классам кораблей и судов, разновременным результатам, странам и т. д.;
- доступность и достоверность исходной информации;
- преемственность с существующей системой индикаторов, неизменность системы учета и отчетности;
- более высокая точность оценки, нежели у традиционных стоимост-

ных методов вследствие отсутствия цепи ошибок.

На втором, потенциальном (ресурсном), уровне следует разместить индикаторы, позволяющие с достаточной полнотой и достоверностью оценить потенциальные возможности отрасли. Именно сопоставление выпуск–потенциал и позволило бы оценить как эффективность, так и резервы ее повышения.

При индикативном управлении предстоит расстаться с надеждой на охват достаточно строгой системой показателей всех составляющих потенциала предприятия (отрасли), ограничившись формированием минимального по числу составляющих набора индикаторов наиболее полезных как для оценки потенциала, так и главным образом для управления его развитием.

Для судостроения на настоящем этапе можно предложить четыре индикатора, отражающих важные ресурсы производства:

- трудовые ресурсы;
- производственные мощности;
- интеллектуальные ресурсы;
- динамические организационные компетенции.

При рассмотрении искомым индикаторов следует:

- оценивать исследуемый параметр не только в абсолютном значении, но и в приростной динамике;
- сочетать количественные и качественные характеристики;
- выявлять объективные закономерности (в первую очередь – взаимосвязь значений частного и глобального индикатора).

Индикаторы второго уровня должны оценивать именно потенциал отрасли – «источники, возможности, средства, запасы, которые могут быть использованы для достижения какой-либо цели», в рассматриваемом случае – производства кораблей и судов.

Методические принципы разработки индикаторов сводятся к следующему:

1. Глубина переработки информации. Индикатор должен давать максимум полезной информации при минимуме входящих данных. Это достигается применением эффективного методического аппарата:

- моделей, алгоритмов;
- соотношений, статистики;
- классификаторов.

2. Субъектность. Индикатор должен быть рассчитан на конкретного потребителя, имеющего полномочия принимать решения и несущего за них ответственность.

3. Нормативность – все категории типа «инновация», «технология», «модернизация» и т. д. должны быть кодифицированы, нормированы и введены официальным распоряжением.

Предлагаемый набор индикаторов всех трех уровней, приведенный в таблице – результат, потенциал, эффективность – можно считать необходимым и достаточным для управляющих структур верхнего, стратегического уровня в момент запуска системы индикативного управления. Увеличение их числа не улучшит информационного обеспечения, а лишь снизит динамичность управления. В то же время декомпозиция их на более детальные индикаторы, облегчающие решение частных задач при соблюдении общих принципов не нарушает логической структуры системы.

Однако не все индикаторы в равной степени отвечают предъявленным требованиям. Поэтому следует проанализировать их все с точки зрения методической корректности и отработанности методов расчета.

С возникновения экономической науки методы количественного измерения произведенного продукта стали одной из вечных и трудных пограничных проблем между экономической теорией и управленческой практикой. С усложнением общественного производства эта проблема приобрела более четкую отраслевую направленность, вскоре вступившую в противоречие с задачами макроэкономического управления.

В большинстве добывающих отраслей и отраслей первого передела (металлургия, химия, деревообработка и т. д.) утвердились натуральные измерители продукции. Обладая непревзойденными достоинствами – стабильностью, измеримостью, устойчивостью к ошибкам или намеренным искажениям, натуральные измерители имеют неоспоримое преимущество – сквозной характер, позволяющий пользоваться одним и тем же измерителем на всех уровнях – от установления норм выработки или времени на рабочем месте до планирования и оценки предприятия или даже отрасли в целом.

В обрабатывающих отраслях этот подход быстро утратил применимость по мере роста разнообразия продукции. Натуральные измерители были заменены стоимостными. Это заставило на макроэкономическом уровне принять стоимостные измерители и для отраслей, имеющих приемлемые натуральные измерители.

Принятие стоимостных измерителей не привело к заметному повышению точности макроэкономических расчетов. Однако в контексте плановой экономики их использование постепенно привело к развитию непрозрачных методов отчетности, защищающих систему и противодействующих централизованному государственному управлению.

Реакцией органов управления на негативную роль отчетности в стоимостных показателях стало стремление создать локальные измерители объема продукции для внутриотраслевого и внутризаводского планирования. Появились системы условно-натуральных измерителей, а также системы измерителей в фиксированных затратах труда основных рабочих (трудоемкости) на производство продукта.

Аналогичные тенденции наблюдались и в судостроительной отрасли. Вплоть до Второй мировой войны с ролью натурального измерителя в судостроении достаточно успешно справлялся показатель брутто-регистрационного тоннажа (валовой регистровой вместимости) судов. Он характеризовал объем производства и производственную мощность верфей. На макроэкономическом уровне он продолжает ограниченно применяться и в настоящее время.

Но поскольку этот измеритель изначально не обладал ни должной сопоставимостью и точностью, ни необходимой дискретностью, он практически никогда не применялся на внутризаводском уровне. Вместо этого уже с конца XIX в. в судостроении начал развиваться дифференцированный подход, т. е. выбор натуральных измерителей не по судну в целом, а по отдельным видам работ – масса обработанного металла в тоннах, длина или масса трубопроводов, мощность силовой установки и т. д.

На этой базе уже легко создавались показатели фиксированной удельной технологической трудоемкости, позволявшие планировать объемы производства отдельных подразделений и верфи в целом. Но данные измерители, создаваемые на базе внутризаводской статистики, не обладали свойством сопоставимости на межзаводском уровне. Так возник и продолжал углубляться разрыв между «внешними» и «внутренними» измерителями продукции, не преодоленный до сих пор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Л. Технология судостроения. – М.: Профессия, 2003.
2. Пашин В. М. Флот. Судостроение. Наука – СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2012.
3. Петров А. Н. Стратегический менеджмент – СПб.: Питер, 2015.
4. Минько Э. В., Минько А. Э. Методы прогнозирования и исследования операций – М.: Финансы и статистика, 2010.
5. Кротов Ю. Е. Экономика, организация и планирование судостроительного производства – 2-е изд. – СПб.: Судостроение, 1977. ■

Современное производство взрывозащищенных электродвигателей должно отвечать большому числу стандартов. На заводе «Siemens Ruhstorf» к этим требованиям добавилась необходимость проведения прецизионной механической обработки и соответствия всех процессов нормам бережливого производства.

Задача заключалась в выполнении диаметральных размеров с допуском в 9 мкм и работой с точностями по качеству IT6 и выше. Производственный процесс следовало наладить для очень широкой номенклатуры изделий (более 500 наименований) при размерах партий, не превышающих 30 штук. Помимо этого необходимо было максимально сократить производственный цикл за счет уменьшения времени на переналадку оборудования.

Было очевидно, что на базе старого станочного парка решить поставленные задачи по организации надежного процесса высокоточного и эффективного производства невозможно даже при масштабных финансовых и временных затратах. Поэтому было принято решение построить производственную систему на базе токарно-фрезерного и фрезерно-токарного обрабатывающих центров (ОЦ). При дальнейшей проработке проекта было решено применить три фрезерно-токарных станка и многоуровневую складскую систему (MLS — Multi-level system) компании «Fastems».

Несмотря на то, что операции точения более важны для обрабатываемых деталей, выбор был сделан в сторону фрезерных ОЦ с токарной функцией, потому что их использование давало большие преимущества при автоматизации. Машинное время на горизонталь-

ГИБКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА «FASTEMS» ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

ООО «Пумори-северо-запад»,
контакт. тел. (812) 670 7026

ных токарно-фрезерных ОЦ было незначительно меньше, зато время переналадки оказывалось сравнительно высоким. Именно поэтому в условиях «Siemens Ruhstorf» их применение становилось экономически невыгодным.

Большое разнообразие деталей, малые размеры партий, желание значительно сократить время переналадки во время комбинированных операций и необходимость выпуска готовых изделий на сборку точно вовремя в соответствии с концепциями бережливого производства — все это быстро сделало автоматизацию центром проекта. Таким образом, решение, которое изначально было простым автоматизированным складом паллет, выросло в гибкую производственную систему (ГПС) на базе трех фрезерно-токарных обрабатывающих центров и MLS «Fastems». Специалисты «Fastems» предложили для проекта версию MLS-LD, которая позволяет разместить на одной паллете размером 600×800 мм деталь и приспособление суммарной массой до 700 кг. Всего система вмещает до 72 таких паллет. Помимо трех обрабатывающих центров в MLS интегрированы 2 высокоточные станции загрузки/выгрузки.

Первоначально идея применения централизованной системы хранения паллет со встроенными станциями загрузки и выгрузки под управлением главного компьютера с программным обеспечением по управлению производством (MMS5 — Manufacturing Management Software) от «Fastems» выглядела как типовое решение. Однако специфические требования к пространству, занимаемому ГПС, сделали проект уникальным. Ни сама автоматизация процесса, ни организация взаимодействия склада и станков, ни концепция сокращения времени на переналадку не составляли проблемы. MLS гарантирует, что вся логистика и весь поток информации, связанный с ней, будут интегрированы в процесс производства. Но, чтобы выгружать из системы готовые изделия и загружать заготовки, необходимо достаточно места у станций загрузки/выгрузки, которого не было из-за нескольких колонн в цехе. Однако ГПС удалось сконфигурировать таким образом, чтобы обойти существовавшие пространственные ограничения.

Помимо этого выявилась еще одна специфическая проблема. Опытным путем было установлено, что при точении



Гибкая производственная система «Fastems»



Крышка корпуса взрывозащищенного электродвигателя после механической обработки

с частотой вращения шпинделя свыше 1000 об/мин, а также при высокоскоростном фрезеровании происходит испарение смазочно-охлаждающей жидкости. Это явление имело серьезное влияние на точность обработки. Поэтому в ходе работы специалистами пришлось создать специальную систему контроля за температурой, которая позволила обеспечить необходимую стабильность размеров.

Также, говоря о надежности технологического процесса, необходимо отметить сложности, которые пришлось преодолеть для реализации повторяющихся измерений в рамках полуавтоматического процесса.

Программное обеспечение «Fastems» не только уменьшило нагрузку на операторов и обеспечило дополнительную поддержку при выполнении повторяющихся задач, но и упростило управление и контроль хода всего производственного процесса.

В ОАО «СУП» передана конструкторская документация для изготовления электроприводов на базе вентильно-индукторных электродвигателей (ИД) различных номиналов. Данные электроприводы предназначены для работы в составе компрессоров и насосов, имеющих высокие требования к вибрационно-шумовым характеристикам (ВШХ). В обеспечение изготовления и поставки электроприводов типа ЭП на электромашиностроительных заводах была проведена подготовка и освоено серийное производство ИД мощностью от 1–25 кВт.

Учитывая требования к ВШХ, перед началом изготовления был проведен анализ конструкторской документации и внесен ряд конструкторских улучшений, связанных с их обеспечением. В частности, для уменьшения вибраций, передаваемых от подшипников на корпус электродвигателя были применены специальные разрезные втулки для установки подшипников в щиты. Также при разработке технологических процессов было учтено, что в отличие от классической конструкции асинхронных электродвигателей, выпускаемых на заводах широкими сериями, конструкция ИД

Добиться высокой производительности ГПС при малых партиях невозможно без совершенствования планирования производства. Очень важно, чтобы оператор, работающий на станции загрузки, в каждый момент времени знал, что делать дальше. В рассматриваемом проекте текущий производственный план загружается в главный компьютер еще до того, как начнется обработка. Система MMS5 планирует производство как минимум на три смены вперед. Это значит, что к оператору перед началом смены поступает вся информация по производственному плану, включая данные о необходимых оснастке и инструменте. Используя данные о текущих заказах и производственной ситуации, а также о наличии необходимых ресурсов (включая сырье, программы для ЧПУ, инструмент и резервы времени), при помощи ПО MMS5 можно осуществлять перспективное планирование производства.

Система функционирует с конца 2014 г. и сейчас коэффициент ее загрузки достиг 95%. Благодаря оптимизации времени обработки и основных резервов времени суммарный фонд работы трех единиц металлорежущего оборудования, входящих в состав ГПС, составляет 20 000 часов в год. В результате внедрения проекта на заводе «Siemens Ruhstorf» удалось создать уникальную полностью прозрачную ГПС, в состав которой вошли средства управления заказами и перспективного планирования

производства с использованием станков с ЧПУ.

Средства автоматизации «Fastems» сегодня есть и в России. Сотрудничество с этой компанией открывает новые возможности для технического перевооружения предприятий и предвещения в жизнь проектов, нацеленных на создание единой системы управления и планирования производства.



Деталь, установленная в приспособление на паллете, на станции загрузки/выгрузки

На отечественном рынке решения «Fastems» представляет один из крупнейших поставщиков оборудования для металлообработки — компания «Пумори-северо-запад», которая входит в состав Уральской машиностроительной корпорации и уже более 10 лет оказывает инжиниринговые услуги промышленным предприятиям. Специалисты компании разрабатывают комплексные проекты как для создания новых производств, так и для модернизации существующих, в том числе с применением промышленной автоматизации. ■

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННО-ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.С. Петрушенко, зам. ген. директора – технический директор,
А.В. Соколов, гл. конструктор,
О.В. Епифанов, вед. инженер-конструктор, ОАО «СУП»,
контакт. тел. (812) 320 2393

имеет много демпфирующих деталей, к ним предъявляются высокие требования по точности изготовления и, что еще важнее, по взаимному расположению сопрягаемых поверхностей. Стандартные технологические процессы и приспособления не позволяли удовлетворять требованиям конструкции, поэтому был разработан специальный технологический процесс, спроектирована и изготовлена специальная оснастка, в том числе позволяющая обрабатывать поверхности деталей в сборе за один проход, что, несмотря на повышенную трудоемкость, значительно увеличивает точность изготовления.

Испытания показали, что изготовленные электродвигатели соответствуют заданным требованиям к ВШХ, однако в составе изделий некоторые из них имеют превышения на определенных частотах. Наибольшие превышения имели ИД номинальной мощностью 0,5–6 кВт.

Были проанализированы причины, предложены конструктивные и технологические доработки, изготовлен опытный образец электродвигателя и получены результаты. Этими результатами и полученным опытом мы и хотим поделиться в данной статье.

Источниками вибраций в электродвигателе, как уже писалось ранее, являются:

- непосредственное вращение ротора (связанные с несоосностью и дисбалансом колебания на частоте, соответствующей частоте вращения вала);
- переменное магнитное поле статора (частоты равные и кратные частоте перемагничивания магнитопровода);
- подшипники (высокочастотные вибрации, связанные с неточностью изготовления подшипников).

Стандартный метод снижения вибраций, связанных с вращением деталей, – это балансировка. Для получения наилучших результатов балансировка вращающихся частей выполнялась в несколько этапов:

1) после изготовления вала и сборки (первичная балансировка ротора для уменьшения расстояния от оси вращения до центра масс);

2) после сборки электродвигателя балансировка (фактическая ось вращения вала с учетом допусков всей размерной цепочки отличается от оси вращения непосредственно ротора);

3) после установки на вал электродвигателя рабочих колес насоса (балансировка деталей по отдельности опять же из-за допусков изготовления не гарантирует необходимого результата).

4) балансировка всех вращающихся частей непосредственно в насосе.

Изначально балансировка проводилась только при окончательной сборке двигателя и при окончательной сборке насосного агрегата, но практика показала, что выполнение всех этих операций позволяет добиться снижения уровня вибраций на 5 дБ.

Вибрации, связанные с перемагничиванием магнитопровода возникают непосредственно в железе статора и в проводниках. Величина этих вибраций зависит от величины магнитного поля, создаваемого в магнитопроводе, и от жесткости конструкции. Для оценки влияния электромагнитных колебаний на общий уровень вибраций были получены спектры вибраций насосного агрегата в режиме выбега, когда насос еще вращается по инерции, но при этом переменного магнитного поля уже нет. Для анализа были выбраны:

– узкополосный спектр вибрации насоса, полученный во время работы насоса в режиме $Q = 32,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, $P_{\text{вх}} = 5,0 \text{ м}$, $P_{\text{вых}} = 19,5 \text{ м}$, $n = 2400 \text{ об/мин}$ (рис. 1). Датчик установлен по оси X на входе насоса.

2. Узкополосный спектр вибрации насоса, полученный на выбеге двигателя (электродинамические силы практически отсутствуют) при средней частоте вращения равной 2400 об/мин. До отключения двигателя насос работал в режиме $Q = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$, $P_{\text{вх}} = 5,0 \text{ м}$, $P_{\text{вых}} = 27,5 \text{ м}$, $n = 3000 \text{ об/мин}$ (рис. 2). Датчик установлен по оси X на входе насоса.

Из-за быстрого падения скорости вращения двигателя в режиме выбега, при работе насоса под нагрузкой, интервал интегрирования составляет 0,1 с. При таком небольшом времени интегрирования данные о вибрации на частотах ниже 300 Гц можно считать недостоверными.

На рис. 3 приведена разница амплитудных значений вибрации между спектральными кривыми, приведенными на рис. 1 и рис. 2.

Из рис. 1–4 видно, что наибольшая положительная разница (более 20 дБ) между спектрограммами, приведенными на рис. 1 и рис. 2, наблюдается на частотах, Гц: 195 Гц, 622–647, 903–1013, 1513, 1599, 1672, 1904–1965, 2233–2246, 2355–2368, 2417, 2868–2893, 3833–3845, 4211, 4626 и т.д.

Отсутствие в разностном сигнале частоты, связанной с первой гармоникой

фазного тока, говорит о недостоверности данных в области низких частот из-за относительно малого периода выборки потока данных (0,1 с). Как уже ранее сказано, это связано с быстрым падением скорости двигателя на выбеге.

Пик вибрации на частоте 640 Гц, скорее всего, связан с удвоенной фазной частотой. Так как одна фаза в пакете статора переключается 8 раз за оборот (8 зубцов ротора проходят под фазной обмоткой 8 раз за один оборот ротора), т.е. частота коммутации фазного тока в одном пакете статора при частоте вращения двигателя 2400 об/мин составляет $f_{\text{фазы}} = 8 \cdot 2400 / 60 = 320 \text{ Гц}$. Три фазы одного пакета статора дают суммарную частоту коммутации 960 Гц. Так как электродвигатель имеет два пакета статора равномерно смещенных относительно друг друга, то в спектре вибрации будут присутствовать

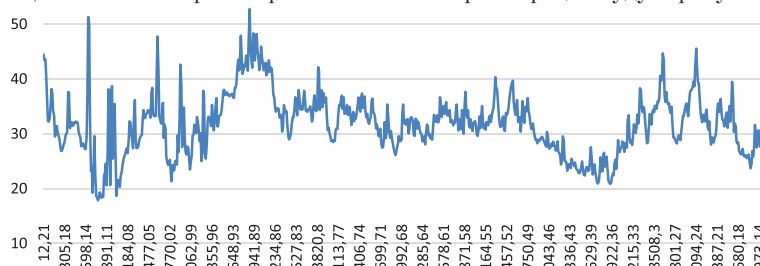


Рис. 1. Узкополосный спектр вибрации, полученный при разложении в ряд Фурье потоковых данных длительностью 0,1 с. Насос работает в режиме $Q = 32,1 \text{ м}^3/\text{ч}$, $P_{\text{вх}} = 5,0 \text{ м}$, $P_{\text{вых}} = 19,5 \text{ м}$, $n = 2400 \text{ об/мин}$

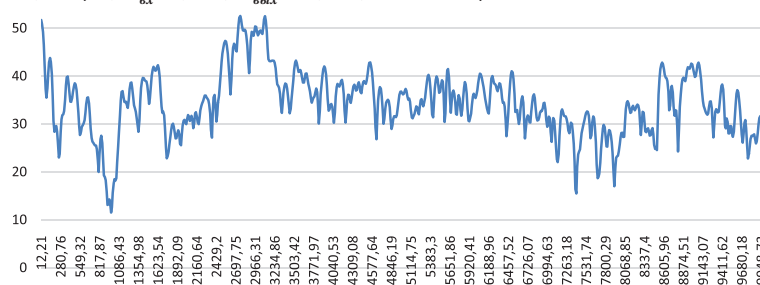


Рис. 2. Узкополосный спектр вибрации, полученный при разложении в ряд Фурье потоковых данных длительностью 0,1 с в момент выбега, при средней скорости вращения 2400 об/мин

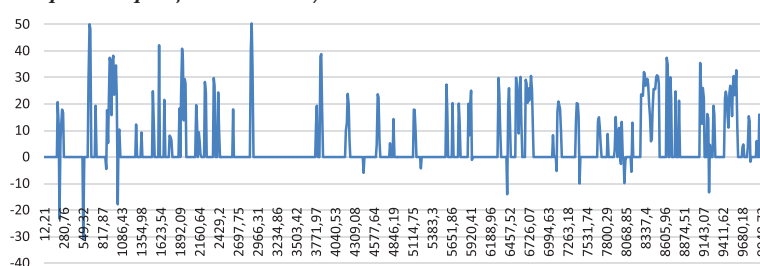


Рис. 3. Разница амплитудных значений вибрации между спектральными кривыми, приведенными на рис. 1 и рис. 2, выраженная в децибелах. При расчете разности значения функции из дБ были переведены в м/с^2 , затем полученная разность для удобства графического представления снова переведена в дБ

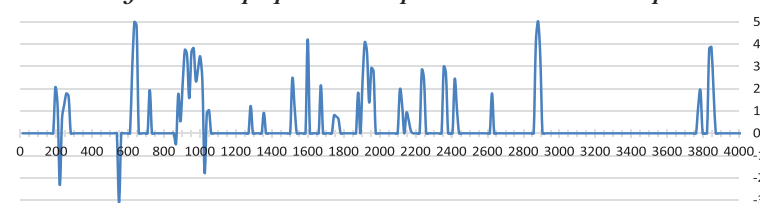


Рис. 4. Низкочастотный диапазон спектра изображенного на рис. 3

Гармоники кратные основной частоте коммутации при скорости вращения двигателя 2400 об/мин

Номер гармоники	Частота, Гц	Номер гармоники	Частота, Гц	Номер гармоники	Частота, Гц	Номер гармоники	Частота, Гц	Номер гармоники	Частота, Гц
1	320	7	2240	13	4160	19	6080	25	8000
2	640	8	2560	14	4480	20	6400	26	8320
3	960	9	2880	15	4800	21	6720	27	8640
4	1280	10	3200	16	5120	22	7040	28	8960
5	1600	11	3520	17	5440	23	7360	29	9280
6	1920	12	3840	18	5760	24	7680	30	9600

и удвоенные частоты 640 Гц и 1920 Гц. Магнитная несимметрия двигателя, вызванная отклонением положения ротора от оси симметрии пакета статора, может приводить к появлению других гармоник, кратных основной частоте переключения фаз. В высокочастотной части узкополосного спектра вибрации приведенного на рис. 1 и рис. 2 присутствуют гармоники, исчезающие при выбеге (рис. 5) с частотами, не кратными частоте переключения фаз. Возможно, это вызвано отраженными волнами, поскольку с ростом частоты длина волны уменьшается. На частоте 5 кГц вектор звуковой волны меняет фазу через каждые 50 см. Обмотки статора являются распределенными в корпусе статора на достаточно значимые расстояния, чтобы порождать на высоких частотах спектрограммы ВШХ дополнительные частотные пики, вызванные интерференцией и дифракцией звуковых волн. Для более точного ответа на вопрос об источнике вибрации на частотах, не кратных основной частоте коммутации, необходимы длительные исследования.

Анализ показал, что переменное магнитное поле оказывает очень большое влияние на общие вибрации и необходимо их как-то уменьшить.

Так как величина магнитного поля также влияет на механические параметры электродвигателя, изменить ее нельзя, поэтому остается только изменять конструкцию магнитопровода, а именно:

- увеличить толщину ярма;
- уплотнить обмотки введением межкатушечных клиньев;
- выполнить транспозицию элементарных проводников в каждом слое обмотки при намотке катушек;

– ввести монолитную заливку статоров компаундом для увеличения жесткости.

Однако после предварительных расчетов и оценки конструкции было выявлено, что изменение геометрии статора и обмоточных данных катушек не окажет необходимого влияния, потому что изменятся электрохимические параметры электродвигателя. Монолитная заливка статора и уплотнение катушек также не окажут необходимого влияния из-за особенностей конструкции статора.

Последним источником вибраций являются подшипниковые узлы. Для снижения вибраций было предложено:

- ввести виброизолирующие кольца;
- рассмотреть возможность применения радиальных подшипников;
- рассмотреть возможность применения закрытых подшипников;
- уменьшить габариты подшипниковых узлов.

Анализ конструкции показал, что введение виброизолирующих колец и изменение габаритных размеров подшипниковых узлов без изменения типа конструкции не окажет положительного влияния на ВШХ. Кроме того, ввиду особенности технологических процессов, необходимых для обеспечения высокой точности изготовления, заключающейся в необходимости совместной обработки диаметра расточки статора и подшипниковых щитов, подобные изменения выполнить невозможно.

Ввиду вышеизложенного было принято решение выполнить конструктивную и технологическую переработку и последующую доработку опытного образца с целью проведения испытаний и

оценки практической целесообразности внесения следующих изменений:

1. Разделить статор и корпус между собой, заполнив полость между ними вибродемпфирующим слоем теплопроводящего компаунда, что позволит:

- существенно уменьшить передачу собственных вибраций статора на корпус;
- избежать необходимости совместной обработки статора с подшипниковыми щитами;
- снизить требования к точности обработки и чистоте внутренней поверхности корпуса и наружной поверхности статора;
- производить обмотку катушек статора отдельно, до установки его в корпус.

2. Внести принципиальные изменения в конструкцию подшипниковых узлов, заключающиеся в разделении поверхностей, имеющих непосредственный контакт с наружной обоймой подшипника и подшипниковым щитом, виброизолирующим слоем теплопроводящего компаунда, что позволит существенно уменьшить передачу вибраций на подшипниковые щиты и корпус ротора и собственных вибраций подшипников по всему спектру частот.

Данные конструктивные доработки не приводят к изменению габаритных и присоединительных размеров, требуют изготовления новых подшипниковых щитов и минимальной доработки изготовленных корпусов и статоров, конструкция ротора при этом остается без изменений.

Принимая во внимание полученный на данный момент опыт, при изготовлении электродвигателей с требованиями к ВШХ следует:

1) проводить балансировку вращающихся деталей и частей на всех этапах изготовления и сборки;

2) уделять большое внимание предварительной проверке и проводить селективный подбор подшипник по результатам замеров уровней вибраций на существующих стендах.

Электродвигатель с учетом вышеизложенных конструктивных изменений изготовлен и в настоящее время проходит испытания с целью проверки правильности принятых решений. Результатами испытаний и анализом полученных данных мы поделимся в следующей статье. ■

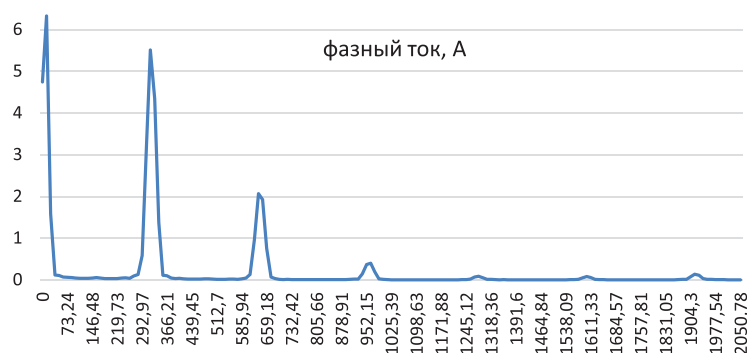


Рис. 5. Спектрограмма фазного тока, полученная при разложении формы тока в ряд Фурье

Открытые зубчатые передачи входят в состав механизмов автоматизированного бурового комплекса, работающего в морской воде. Применительно к узлам трения для погружного оборудования особенность работы заключается в том, что смазочные материалы на поверхностях трения смываются морской водой, и наступает момент, когда морская вода сама выступает в качестве смазочного материала.

Титановые сплавы наряду с высокой коррозионной стойкостью обладают низкими антифрикционными свойствами, поэтому применение их в узлах трения без упрочняющих покрытий неэффективно, при этом толщина упрочненного слоя не превышает 0,1 мм. Особенностью титановых сплавов является высокая склонность к контактному схватыванию при трении, что может привести к аварии в результате заклинивания механизма.

Поскольку нет информации в открытых источниках об опыте эксплуатации и методик расчета нагрузочной способности и долговечности зубчатых передач, работающих в подобных условиях, возникла необходимость провести ресурсные испытания на модельных образцах с различными типами поверхностных упрочнений, в которых уровень контактных напряжений в зубчатых зацеплениях соответствовал бы условиям эксплуатации.

С целью определения лучшего типа упрочнения и создания методики проектирования, позволяющей по величине контактных напряжений определять ресурс зубчатых передач, работающих без смазки в морской воде, были решены следующие задачи:

- разработаны модельные образцы и стендовое оборудование для испытаний;
- проведено упрочнение модельных образцов и исследование качества упрочнения поверхностного слоя;
- создана методика проведения испытаний;
- по результатам ускоренных испытаний зубчатых колес с различными типами поверхностных упрочнений определены два типа покрытий, обеспечивающих наилучшую износостойкость зубьев;
- проведены ресурсные испытания титановых зубчатых колес и построены на базе $7 \cdot 10^5$ циклов кривые выносливости упрочненного слоя для двух упрочняющих покрытий;
- разработаны рекомендации по внедрению результатов работ.

На рис. 1 изображено приспособление, в котором две зубчатые пары установлены на подшипниках скольжения и объединены через жесткий и торсионный валы в замкнутый силовой контур. В ходе одного испытания одновременно нагру-

РЕСУРСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОТКРЫТЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*П.П. Селюта, вед. инженер-конструктор ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. +7 (962) 724 1004*

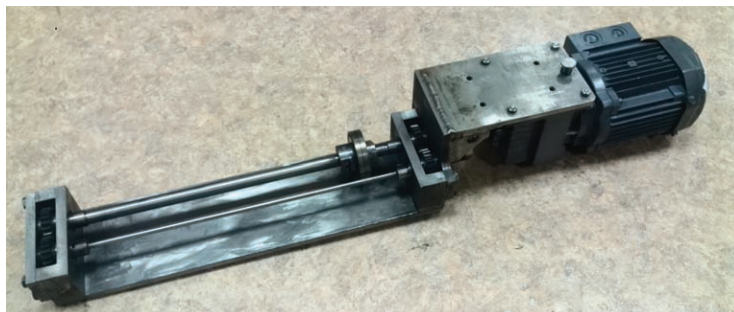


Рис. 1. Приспособление для испытаний модельных образцов зубчатых колес

жаются две пары одинаковых зубчатых колес, которые образуют комплект.

В приспособлении обеспечивается изменение направления вращения колес и задание реверса нагрузки. Этот механизм предназначен для ресурсных испытаний открытых зубчатых передач и торсионов из титановых сплавов, а также подшипников скольжения, работающих без смазки в морской воде.

На рис. 2 приведен общий вид стенда, подготовленного к испытаниям. Рычаг с разновесами предназначен для задания нагрузки в зубчатых зацеплениях и снимается при испытаниях.

Приспособление установлено в бак с морской водой и крепится к стойке кронштейном. Жесткий вал приводится во вращение мотор-редуктором мощностью 180 Вт. Частота вращения регулируется с помощью частотного преобразователя в пределах 50–200 об/мин.

Ускоренные испытания зубчатых колес проводились для уровней нагрузок в зацеплениях, подобранных таким образом, чтобы износ упрочненного слоя на активных поверхностях зубьев происходил при наработке передачи $2 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4$ циклов. Установлено, что лучшими упрочняющими покрытиями с точки зрения износостойкости зубьев являются низкотемпературное оксидирование сплава 3М и оксидирование в графите сплава ПТ-3В.

Проведены испытания по определению скорости износа основного материала зубчатых колес. При модуле зацепления 2 мм предельная величина износа составляла 1 мм и ограничивалась появлением вибраций в механизме. Следует отметить, что даже при таких величинах износа поломки зубьев не происходило.

На рис. 3 показаны в логарифмических координатах кривые износа зубьев J в зависимости от наработки зубчатой пе-

редачи (N – число циклов) при различных уровнях контактных напряжений. Скорость износа основного материала на порядок превышает скорость износа упрочняющего покрытия.

По кривой выносливости упрочненного слоя $\sigma_k = f(LgN)$, показанной на рис. 4, можно определить ресурс зубчатой передачи, выполненной из сплава ПТ-3В с оксидированием в графите, работающей без смазки в морской воде. Износ зубьев при этом не будет превышать 0,1 мм.

Аналогичные зависимости получены и для сплава 3М, подвергнутого низкотемпературному оксидированию.

ЗАО «ЦНИИ СМ» имеет многолетний (более 40 лет) опыт создания глубоководного технологического оборудования. Методика проектирования открытых зубчатых передач, изготовленных из титановых сплавов



Рис. 2. Общий вид стенда для испытаний модельных образцов зубчатых колес

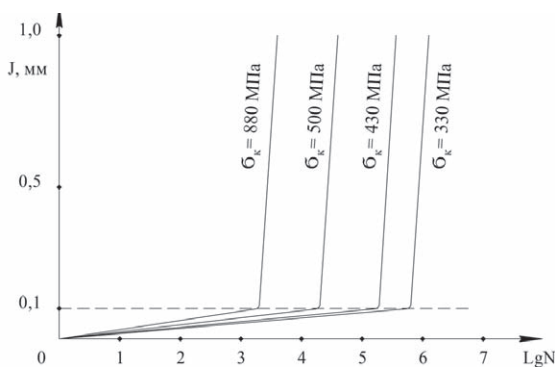


Рис. 3. Зависимость износа зубьев от наработки зубчатой передачи для сплава ПТ-3В с оксидированием в графите

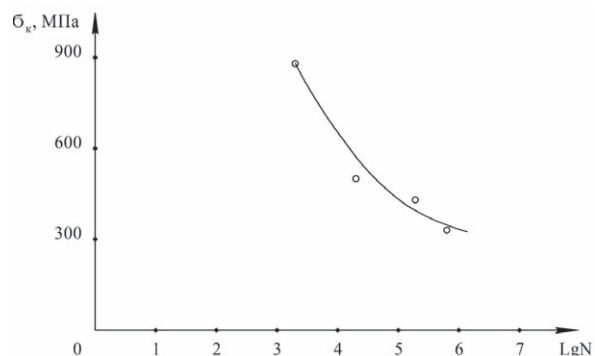


Рис. 4. Кривая выносливости упрочненного слоя для сплава ПТ-3В с оксидированием в графите

и работающих без смазки в морской воде, существенно расширяет функ-

циональные возможности забортных устройств, предназначенных для про-

ведения аварийно-спасательных и научно-исследовательских работ. ■

Одним из основных направлений в современном судостроении является проектирование, строительство и последующая эксплуатация глубоководных технических станций (ГТС) и аппаратов, способных выполнять поставленные задачи на больших глубинах.

Глубоководный аппарат — сложное техническое изделие, включающее в себя множество различных комплексов, узлов и агрегатов, надежная работа которых обеспечивает функционирование ГТС на больших глубинах. В комплекс агрегатов и узлов ГТС помимо механизмов и оборудования входят также трубопроводы систем различного назначения.

В связи с этим к надежности функционирования трубопроводов ГТС предъявляются повышенные требования.

Трубопроводы систем ГТС могут располагаться как внутри корпуса аппарата, так и снаружи, в межбортном пространстве ГТС, либо могут быть вынесены наружу с креплением на корпус аппарата.

Одним из основных вопросов, который должны решить инженеры во время определения архитектуры трубопроводов и аппарата в целом, является прочность трубопроводов, непосредственно влияющая на прочность аппарата в целом. Исследования позволяют более точно описать напряженно-деформированное состояние (НДС) трубопроводов для принятия оптимальных решений при их проектировании. Особенно актуально это при проектировании забортных трубопроводов глубоководных аппаратов и комплексов.

Главными нагрузками на трубопроводы можно считать нагрузку давления морской воды, а также различно направленные силы со стороны корпуса аппарата на трубопровод во время деформации корпуса при погружении. Если детально подходить к рассмотрению НДС конкретных участков трубопровода, то

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРУБ В ПРОЦЕССЕ ЧИСТОГО ИЗГИБА

О.О. Лебедев, инженер-конструктор 1-й категории АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 1518

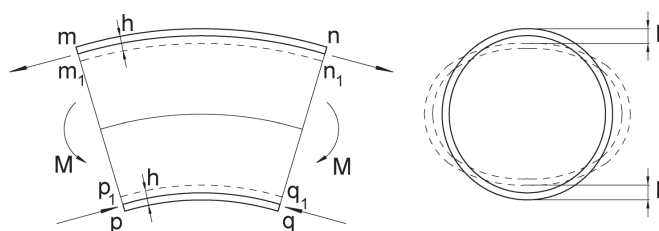


Рис. 1. Схема сплющивания сечения решения Т. Кармана

необходимо выделить случай их изгиба. Ввиду специфики трассировки трубопроводов наиболее часто применяемыми являются криволинейные участки труб, к которым прикладываются различные моменты, в том числе изгибающие.

Рассмотрим НДС криволинейного участка трубопровода во время изгиба. С этой целью моделируем процесс изгиба криволинейного участка трубы с последующим анализом его НДС.

Классическое решение изгиба кривых труб было предложено американским физиком Т. Карманом. Согласно его решению, сечение криволинейной трубы в процессе изгиба будет деформироваться. Причем на степень изменения сечения существенное влияние окажут не только геометрические характеристики сечения, но и изначальная криволинейность трубы. В решении Кармана (рис. 1) учитываются влияние сплющивания тонкостенных сечений при изгибе на зависимость между изгибающим моментом и изменением кривизны [1, с. 274].

Согласно гипотезе Кармана сечение при изгибе будет изменяться симмет-

рично относительно нейтральной оси, принимая овальную форму. Характер изгибных напряжений при этом будет не таким, как в прямой балке.

Помимо основных напряжений от изгиба появляются напряжения, связанные с изгибом стенки [1, с. 275]. Эпюра распределения осевых нормальных напряжений по высоте изменяется нелинейно. Причем степень нелинейности эпюры распределения изгибных напряжений, а также места расположения максимумов будут зависеть от криволинейности трубы.

Отметим некоторые эффекты, которые в решении Т. Кармана отсутствуют, но могут оказать существенное влияние при оценке прочности:

1. Известный эффект кривого бруса, состоящий в том, что характер распределения нормальных напряжений в сечении не линейный, а гиперболический, в результате чего происходит смещение нейтральной оси изгиба в процессе приложения нагрузки.

2. Кривые трубы получаются путем пластической гибки прямых труб, в связи

с чем изначальные толщины стенки в разных точках сечения для сильно изогнутых труб могут существенно отличаться.

Рассмотрим решение изгиба криволинейных труб, инструментом которого является конечно-элементная процедура, описанная в статье сотрудников СПбГМТУ [2].

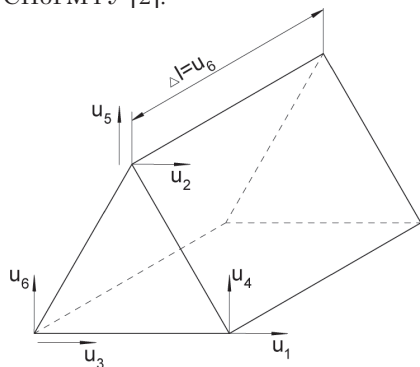


Рис. 2. Призматический элемент с семью степенями свободы

Узловые элементы процедуры:

- исследуется чистый изгиб.
- используются геометрически нелинейные призматические элементы с семью степенями свободы (рис. 2).
- используется гипотеза плоских сечений.

В поперечном сечении трубы располагаются торцы призм. Вследствие деформирования модели узловые точки смещаются в плоскости поперечного сечения. Их движение описывает происходящие геометрические изменения в сечении.

Строится решение упругой задачи и геометрически нелинейной задачи теории пластического течения. Решение состоит из двух этапов:

На *первом этапе* решается задача упруго-пластического (технологического) изгиба изначально прямой трубы, цель которого состоит в определении геометрии сечения. Предполагается, что напряжения, возникшие на этом этапе, снимаются, что имитирует отжиг трубы.

На *втором этапе* решается упругая задача изгиба полученной криволинейной трубы с целью проверки корректности решения Т. Кармана.

В качестве примера рассмотрим процесс изгиба кривой трубы определенного сечения с диаметром 121 мм, толщиной стенки 10 мм из нержавеющей стали с помощью конечно-элементной процедуры.

На первом этапе труба гнется до кривизны 0,48 м. Сечение принимает форму, показанную на рис. 3. Сечение трубы получилось разностенное. Значение максимальных отрицательных осевых напряжений – 646,52 МПа, максимальных положительных – 514,05 МПа.

На втором этапе моделируется упругий изгиб криволинейной трубы. Полученные результаты сравниваются с ре-

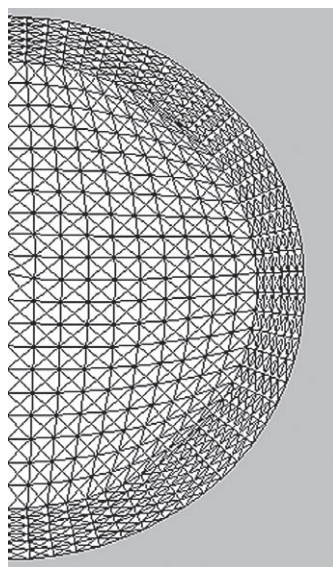


Рис. 3. Деформированное сечение трубы

шением Т. Кармана. Максимальные напряжения отличаются от максимальных напряжений по Т. Карману (рис. 4). Изначальная кривизна небольшая, но оказывает существенное влияние. Расчетная кривая имеет гиперболические черты.

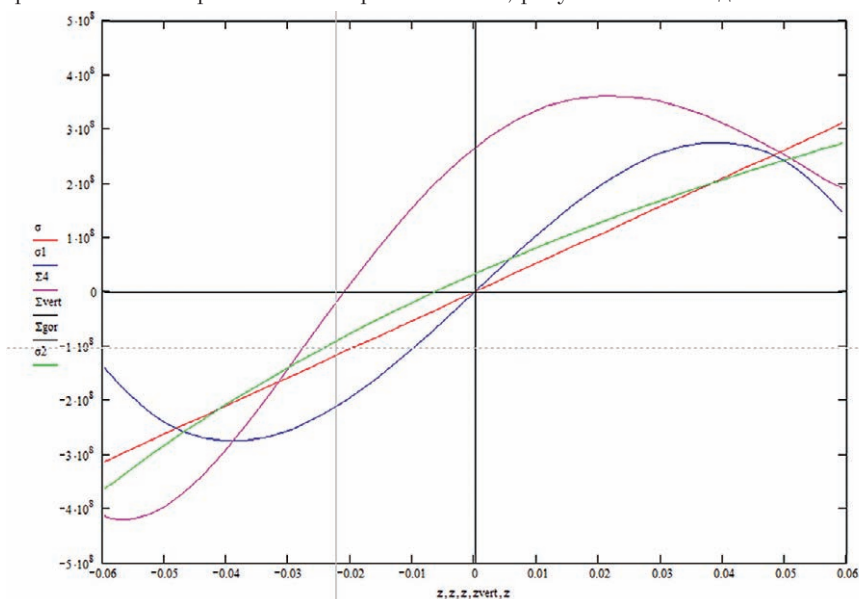


Рис. 4. Эпюры распределения осевых нормальных напряжений по наружному слою сечения

Основные отличия распределений осевых нормальных напряжений в сечении криволинейной трубы, полученные разными методами расчета:

1. Эпюра напряжений расчетным методом несимметрична, что свидетельствует о неравномерном распределении напряжений по всему сечению. Вследствие этого толщина стенки на растянутой и сжатой стороне разная, что не учитывается в решении Т. Кармана.

2. Эпюра напряжений расчетным методом смещена, не проходит через нулевую точку, что свидетельствует о смещении нейтральной оси. Данные эффект отсутствует в решении Т. Кармана, но учтен в решении методом кривого бруса.

Различный характер полученных эпюр указывает на необходимость дальнейшего исследования по изучению нелинейных эффектов в процессе изгиба криволинейных труб.

По результатам исследования выявлено несколько отличий от решения Т. Кармана, среди которых необходимо выделить несимметричность сечения трубы (с переменной толщиной стенки), а также присутствие эффекта кривого бруса, т. е. гиперболический характер распределения нормальных осевых напряжений.

Значения разных параметров кривизны трубы, а также их влияние на проявление нелинейных эффектов будут рассмотрены в последующем.

Полученные результаты могут быть применены при анализе НДС трубопроводов, работающих под большими нагрузками, для уточнения прочностных характеристик трубопроводов, что особенно актуально при проектировании забортных трубопроводов глубоководных аппаратов и глубоководных технических станций. Кроме того, результаты исследования могут

быть учтены при составлении и согласовании норм их прочности, что приведет к принятию более оптимальных решений при проектировании подводной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искрицкий Д. Е. Строительная механика элементов машин. – Л.: Судостроение, 1970. – 448 с.
2. Карчан В. Г., Федоров А. С. Моделирование гибки стержней произвольного сечения методом конечных элементов // Изв. вузов. – Сер. Машиностроение. – 1987. – № 12.
3. Камерштейн А. Г., Рождественский В. В., Ручиский М. Н. Расчет трубопроводов на прочность: Справ. кн. – М., 1969. ■

При эксплуатации судов и судовых электроэнергетических систем (ЭЭС) возможно возникновение повреждений и аномальных режимов работы, последствиями которых могут быть аварии, затрагивающие всю ЭЭС судна или ее отдельные элементы [1–8]. На судах для предотвращения возникновения и развития аварий в судовых ЭЭС предусматриваются отдельные аппараты, устройства или системы взаимосвязанных устройств быстродействующей электрической защиты, которые:

- отключают элементы судовых ЭЭС в случае нарушений нормального режима или повреждений, представляющих непосредственную опасность для отдельных видов электрооборудования судов или всей ЭЭС;

- сигнализируют о нарушениях нормального режима работы или повреждений, не представляющих такой опасности [5, 6].

На современных автоматизированных судах системы защиты, токоограничения занимают важное место в комплексе систем автоматизации судов и судовых ЭЭС [9–11]. Если системы контроля, управления и диагностики эффективны при медленно возникающих отказах, то системы быстродействующей защиты обеспечивают безопасность эксплуатации и работоспособности электрооборудования в эксплуатационных условиях при внезапных отказах, которые могут привести к тяжелым последствиям, например, при аварийных коротких замыканиях [12–14]. На судах значение быстродействующей электрической защиты электрооборудования все более возрастает по мере усложнения судовых ЭЭС, повышения их мощности и увеличения токов коротких замыканий [15–19].

На современных автоматизированных судах различного назначения объектом защиты, токоограничения в ЭЭС являются как сами ЭЭС в целом, так и отдельные виды электрооборудования: дизель-, turbo-, генераторные агрегаты, трансформаторы, электромашинные и статические полупроводниковые преобразователи (выпрямители, инверторы, частотные преобразователи, преобразователи постоянного напряжения), главные и вторичные групповые распределительные щиты (ГРЩ и РЩ), кабельные коммуникации (трассы), электроприводы с аппаратурой управления, нагреватели, светильники и др. [20–22]. На судах речного, морского и рыбопромышленного флотов указанные виды электрооборудования совместно с элементами связи и подключения образуют защищаемые участки ЭЭС [23].

В судовых эксплуатационных условиях возможны разнообразные виды повреждений электрооборудования

или аномальных режимов его работы [23–24]. Одним из самых опасных, но относительно редких видов повреждений электрооборудования является короткое замыкание [1, 9, 10, 23, 25]. Поскольку в месте короткого замыкания, как правило, выделяется большая энергия, возможны возгорания, пожары и разрушения электрооборудования судов [1, 3, 5, 9, 11, 12, 23]. Наибольшую опасность на судах представляют аварийные короткие замыкания в ГРЩ, когда токи коротких замыканий достигают весьма больших значений [1, 23], в том числе более 100 кА.

В судовых эксплуатационных условиях значительно более вероятен, но менее опасен режим перегрузки, возникающей по различным причинам [23]. На судах последствием длительной перегрузки, как правило, является выход электрооборудования из строя. В ряде случаев перегрузка может перейти в аварийное короткое замыкание [23]. Для более полного использования перегрузочной способности электрооборудования судов электрическая защита должна срабатывать с выдержкой по времени, зависящей от величины перегрузки [23].

В общем виде электрическая защита должна выявить повреждение или аномальный режим работы судовой ЭЭС, определить место повреждения и произвести необходимые отключения или обеспечить сигнализацию [1, 9, 11, 12, 15]. При этом электрическая защита судового электрооборудования и ЭЭС не должна ложно срабатывать при нормальных режимах, схожих с аварийными (например, при синхронизации, пуске и др.), а также при повреждениях элементов ЭЭС, защищаемых другими аппаратами защиты [1, 23, 24].

Функционирование электрической защиты судового электрооборудования эффективно, если оно удовлетворяет ряду требований Российского Морского Регистра судоходства и Российского Речного Регистра, основными из которых являются полнота защищенности, избирательность, быстродействие, чувствительность, надежность, устойчивость к электродинамическому и тер-

мическому действию токов короткого замыкания в ЭЭС [1, 23, 25].

Функция среднего удельного ущерба судовой ЭЭС из-за ошибочных реакций релейной защиты за единицу времени

$$Y_{\text{ср.уд}} = P_{\text{отк}}(x_y) \lambda_z Y_{\text{отк}} + P_{\text{изл}}(x_y) \lambda_{\text{см}} Y_{\text{изл}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{отк}}(x_y)$ и $P_{\text{изл}}(x_y)$ – соответственно функции вероятности отказа в срабатывании защиты при коротком замыкании в защищаемой зоне аргумента порога срабатывания (уставки) и вероятности излишнего срабатывания защиты при внешнем дуговом коротком замыкании; λ_z и $\lambda_{\text{см}}$ – удельные повреждаемости соответственно защищаемой и смежной судовой электроустановки; $Y_{\text{отк}}$ и $Y_{\text{изл}}$ – средние ущербы системы от одного отказа в срабатывании при коротком замыкании в защищаемой зоне и одного излишнего срабатывания при внешнем коротком замыкании.

С учетом надежности устройств релейной защиты отказ в срабатывании защиты судовых электроустановок может быть обусловлен двумя причинами:

- отказом в срабатывании измерительного элемента защиты из-за влияния случайных вариаций параметров дуговых коротких замыканий, погрешностей элементов защиты и влияния помех;
- отказом в срабатывании элементов устройства, т.е. ненадежностью срабатывания $P_{\text{нен.ср.}}$.

Аналогично излишнее срабатывание защиты при внешнем коротком замыкании может быть обусловлено излишним срабатыванием измерительного элемента из-за случайных вариаций сигналов и действия помех, а также излишним срабатыванием защиты из-за отказов элементов устройства, преимущественно в измерительном элементе, т.е. ненадежностью несрабатывания $P_{\text{нен.неср.}}$. Последнее обусловлено тем, что отказы логического и исполнительного элементов выявляются, как правило, сразу же после их возникновения.

Случайные события – отказы в срабатывании измерительного элемента защиты и ненадежность срабатывания, а

ВЕРОЯТНОСТНОЕ ОПИСАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРАБАТЫВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В.М. Приходько, канд. техн. наук, проф.,

И.В. Приходько, ассистент,

В.Ю. Лучкин, аспирант, ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, контакт. тел. (812) 748 9759

также излишние срабатывания и ненадежность несрабатывания являются совместными некоррелированными случайными событиями. Эффективность оптимизации уставки измерительного элемента устройства релейной защиты судовых электроустановок проявляется лишь при безотказной работе, поэтому с учетом надежности срабатывания и надежности несрабатывания функция среднего удельного ущерба судовой ЭЭС

$$Y_{\text{ср.уд}} = P_o(t_{\text{отк}})P_{\text{отк}}(x_y)\lambda_3 Y_{\text{отк}} + P_o(t_{\text{ср}})P_{\text{изл}}(x_y)\lambda_{\text{см}} Y_{\text{изл}}, \quad (2)$$

где $P_o(t_{\text{отк}})$ – вероятность безотказной работы на срабатывание устройства защиты за среднее время между отказами в срабатывании исправного устройства; $P_o(t_{\text{ср}})$ – вероятность безотказной работы на несрабатывание устройства защиты за среднее время между излишними срабатываниями исправного устройства.

Устройство релейной защиты судовой электроустановки восстанавливаемое и для него допустимо предположение о стационарности потоков отказов на срабатывание и несрабатывание. Вероятность появления k отказов каждого вида за интервал времени t , не зависящий от времени эксплуатации на судах, подчиняется закону Пуассона

$$P_k(t) = \frac{1}{k!} (\lambda t)^k e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где λ – интенсивность отказов на срабатывание или несрабатывание.

Вероятность безотказной работы устройства за время t

$$P_o(t) = e^{-\lambda t}. \quad (4)$$

Из (1) среднее время между двумя отказами в срабатывании из-за помех исправного устройства защиты судовой электроустановки

$$t_{\text{отк}} = \frac{T}{P_{\text{отк}}(x_y)\lambda_3}, \quad (5)$$

где T – единица времени, равная обычно одному году.

Из (4) и (5) вероятность отсутствия отказа защиты в срабатывании из-за ненадежности за время $t_{\text{отк}}$

$$P_{\text{отк}}(t_{\text{отк}}) = \exp\left(-\frac{\lambda_{\text{ср}} T}{P_{\text{отк}}(x_y)\lambda_3}\right), \quad (6)$$

где $\lambda_{\text{ср}}$ – интенсивность отказов на срабатывание из-за ненадежности.

Аналогично среднее время между двумя излишними срабатываниями из-за помех исправного устройства защиты судовой электроустановки

$$t_{\text{изл}} = \frac{T}{P_{\text{изл}}(x_y)\lambda_{\text{см}}} \quad (7)$$

и вероятность отсутствия за это время отказа на несрабатывание из-за ненадежности.

$$P_o(t_{\text{изл}}) = \exp\left(-\frac{\lambda_{\text{н}} T}{P_{\text{изл}}(x_y)\lambda_{\text{см}}}\right), \quad (8)$$

где $\lambda_{\text{н}}$ – интенсивность отказов защиты на несрабатывание из-за ненадежности.

Таким образом, функция среднего удельного ущерба судовой ЭЭС с учетом надежности устройства релейной защиты имеет вид

$$Y_{\text{ср.уд}} = P_{\text{отк}}(x_y)\lambda_3 Y_{\text{отк}} \exp\left(-\frac{\lambda_{\text{ср}} T}{P_{\text{отк}}(x_y)\lambda_3}\right) + P_{\text{изл}}(x_y)\lambda_{\text{см}} Y_{\text{изл}} \exp\left(-\frac{\lambda_{\text{н}} T}{P_{\text{изл}}(x_y)\lambda_{\text{см}}}\right), \quad (9)$$

из которой следует, что для простейшего, а следовательно, и стационарного потока отказов защиты из-за ненадежности, эффективность оптимизации прямо зависит от надежности устройства релейной защиты судовой электроустановки и не зависит от времени с начала эксплуатации защиты на судах.

Исследование влияния надежности устройства релейной защиты судовых электроустановок на функцию среднего удельного ущерба судовой ЭЭС из-за ошибочных реакций релейной защиты дало количественную оценку эффективности оптимизации уставок измерительных элементов защит с учетом ненадежности срабатывания и ненадежности несрабатывания.

Внедрение микропроцессоров в технику релейной защиты судовых ЭЭС позволяет устранить такие недостатки компьютерных релейных защит на базе миниЭВМ, замедлившие широкое внедрение цифровых защит, как низкая надежность и высокая стоимость, малое быстродействие, низкая экономичность, большая масса и значительные габариты. Отличительными чертами релейной защиты судовых ЭЭС на базе микропроцессоров являются: высокий уровень унификации элементов, возможность перепрограммирования на реализацию тех или иных функций без изменения состава комплекса технических средств, возможность расширения функций добавлением новых программ в систему математического обеспечения, сокращение расходов на обслуживание и контроль, сокращение и упрощение этапов разработки и сроков проектирования релейной защиты судовых электроустановок, автоматизация процессов диагностики и настройки аппаратуры, возможность реализации алгоритмов выявления повреждения повышенной сложности с использованием принципов адаптации, позволяющих снизить ущерб от последствий повреждения объектов защиты и повысить качество электроэнергии на судах. В настоящее время имеется мощный фундамент для развития быстродействующих релейных защит в цифровом исполнении, что позволит обеспечить необходимую надежность, живучесть и безаварийность судовых ЭЭС.

Разработка программируемых быстродействующих защит, реализуемых на базе микропроцессорной техники, является в настоящее время перспективным направлением в релейной защите судовых высоковольтных электроэнергетических систем, благодаря чему можно существенно уменьшить средний удельный ущерб их на судах различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приходько В. М. Ограничение аварийных токов в судовых электроэнергетических комплексах: науч. моногр. – СПб.: СПГУВК, 2010. – 425 с.
2. Приходько В. М. Интенсификация комплексных испытаний судового электрооборудования по энергосберегающей технологии в судостроении и судоремонте: науч. моногр. – СПб.: СПГУВК, 2013. – 244 с.
3. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1977. – 520 с.
4. Приходько В. М. Методы и технические средства комплексных испытаний элементов судовых электроэнергетических систем в судостроении и судоремонте: науч. моногр. – СПб.: ИПЦ СПГУВК, 2005. – 348 с.
5. Приходько В. М. Повышение электропожаробезопасности при электроснабжении судов от береговых сетей. – СПб.: СПГУВК, 2009. – 218 с.
6. Приходько В. М. Судовые полупроводниковые выпрямители. – СПб.: СПГУВК, 2009. – 219 с.
7. Приходько В. М. Способы восстановления сопротивления изоляции судового электрооборудования. – СПб.: СПГУВК, 2012. – 262 с.
8. Приходько В. М. Электрооборудование и автоматизация судов технического флота. – СПб.: СПГУВК, 2009. – 77 с.
9. Приходько В. М., Вилесов Д. В. Устройство для ограничения тока короткого замыкания в электроэнергетической установке. – Авт. св. СССР на изобретение № 649097 // Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки. – 1979. – № 7.
10. Приходько В. М., Азовцев А. А., Вилесов Д. В. Защитное шунтирование цепей короткого замыкания // Судостроение. – 1976. – № 12. – С. 30–33.
11. Приходько В. Защита судовых электроустановок // Речной транспорт. – 1983. – № 8. – С. 31–32.
12. Приходько В. М. Быстродействующее тиристорное защитное шунтирующее устройство для повышения пожаробезопасности судовых ЭЭС // Повышение безопасности судовых электроэнергетических систем. Сб. НТО им. акад. А. Н. Крылова, 1981. – Вып. 339. – Л.: Судостроение. – С. 25–28.
13. Приходько В. М. Автоматизация проектирования тиристорного токоограничителя шунтового типа для автономных электроэнергетических систем // Автоматизация проектирования электротехнической части судна. Сб. ВНТО им. акад. А. Н. Крылова. – 1988. – Вып. 461. – Л.: Судостроение. – С. 45–53.

14. Приходько В.М. Управление аварийным режимом короткого замыкания в автономных электроэнергетических системах. – Средства и системы управления в технике и технологии. Межвузов. сб. науч. тр. – Новочеркасск: НПИ, 1989. – С. 76–81.
15. Приходько В.М., Приходько А.М. Управление переходными процессами в аварийном режиме автоматизированных судовых электроэнергетических систем. – Тез. докл. к VII Всесоюз. науч.-техн. конф. «Проблемы комплексной автоматизации судовых технических средств». – Л.: НПО Аврора, 1989. – С. 121–123.
16. Приходько В.М. Автоматизация проектирования тиристорного токоограничителя для электроэнергетических систем судов // Вопросы гидродинамики, прочности и проектирования судов речного флота. Сб. науч. тр. – Л.: ЛИВТ, 1989. – С. 194–204.
17. Приходько В.М., Приходько А.М., Тузов Л.В. Автоматизация ограничения вредных воздействий судовых энергетических систем на окружающую среду. – Автоматизация процессов управления техническими средствами исследования и использования Мирового океана. Сб. тез. докл. IX Международ. координационного совещания. – СПб.: РАН, 1994. – С. 55–57.
18. Приходько В.М. Оптимизация на ЭВМ тиристорного токоограничителя для электроэнергетических систем судов. – Гидромеханические и прочностные качества судов речного флота. Сб. научных трудов. – СПб.: СПГУВК, 1996. – С. 139–156.
19. Приходько В.М., Адам А.А., Джамо А., Логинов Е.Б., Огородов Э.М., Приходько А.М. Управление переходными процессами в аварийном режиме автономных электроэнергетических систем // Наука и техника на речном транспорте. – 2000. – № 1. – С. 12–17.
20. Приходько В.М. Управление переходными процессами в аварийном режиме короткого замыкания дизель-генераторных судовых электроэнергетических систем // Наука и техника на речном транспорте. – 2001. – № 8. – С. 11–18.
21. Приходько В.М., Бобин И.В. Оценка влияния тиристорного токоограничителя на ударные токи коротких замыканий в судовых электроэнергетических системах. – Мат-лы междунауч.-практ. конф., посвященной 200-летию подготовки кадров для водного транспорта России «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление», 1–2 октября 2009 г. – СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2009. – С. 151–156.
22. Приходько В.М., Тарасов Д.А. Тепловые нагрузки на тиристорный токоограничитель шунтового типа. – Мат-лы междунауч.-практ. конф., посвященной 200-летию подготовки кадров для водного транспорта России «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление», 1–2 октября 2009 г. – СПб.: ГОУ ВПО СПГУВК, 2009. – С. 189–194.
23. Калязин Е.А., Рокотян Ю.В., Филимонов В.Д., Игнатьев Л.Л. Электрическая защита судового электрооборудования. – Л.: Судостроение, 1983. – 240 с.
24. Мелкави Хассан, Приходько В.М. Ограничение аварийных токов в судовых электроэнергетических системах. – Мат-лы междунауч.-практ. конф., посвященной 200-летию подготовки кадров для водного транспорта России «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление», 1–2 октября 2009 г. – Кн. 3. – СПб.: СПГУВК, 2010. – С. 137–145.
25. Приходько В.М., Смирнов П.А., Спиридонов М.В. Коммутационно-защитные аппараты на базе полупроводниковых приборов. – Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвузов. сб. науч. тр. – СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2008. – С. 102–108. ■

Судовые теплообменные аппараты – важные элементы различных систем, обеспечивающих функционирование энергетических установок, как главных, так и вспомогательных. Накопление нежелательных отложений на их теплопередающих поверхностях создает сопротивление тепловому потоку и, следовательно, снижает эффективность работы оборудования [1–5]. Наиболее опасны с этой точки зрения загрязнения с низкой теплопроводностью.

Загрязнение может быть классифицировано в зависимости от механизма образования: кристаллизующееся загрязнение (накипь), загрязнение в виде частиц вещества, в результате химической реакции, в результате коррозии, биологическое загрязнение, затвердевающее загрязнение. Большинство из этих видов загрязнений характерно для судовых теплообменных аппаратов, в которых в качестве рабочих сред могут выступать вода (морская и/или пресная), смазочное масло и органические теплоносители [6].

Параметры, которые влияют на процесс загрязнения, классифицированы следующим образом: время, рабочие параметры (температура, скорость, тепловой поток и давление), свойства жидкости и параметры конструкции теплообменника.

Для реальных загрязнений зависимость от времени, без учета времени ввода в действие теплообменника и времени задержки из-за турбулизирующего воздействия шероховатости поверхности, имеет зачастую сложный характер и может быть разделена на несколько типов (рис. 1).

Моделирование загрязнения необходимо для выполнения оценки влияния данного процесса на судовое теплообменное оборудование. Поскольку этот процесс зависит от множества факторов, которые уже были рассмотрены, можно сделать вывод, что нахождение адекватной математической модели – очень сложная задача.

ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА

В.В. Медведев, д-р техн. наук, доцент,
М.В. Лакиза, аспирант, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 494 0952, +7 (952) 215 3516

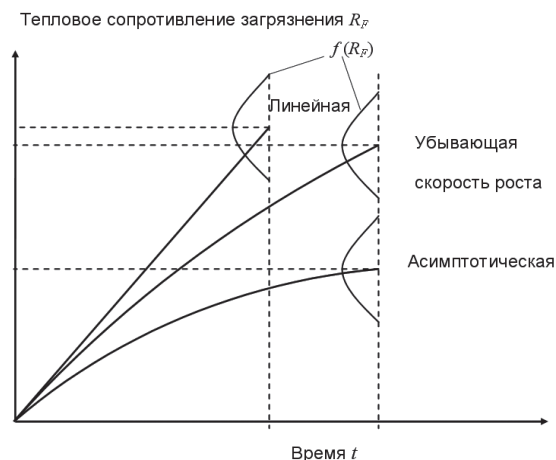


Рис. 1. Типовые кривые загрязнения

Одной из моделей, дающих математическое обоснование росту загрязнения, является известная модель Керна–Сейтона [7]:

$$R_{F,t} = R_{F,\infty} (1 - e^{-\beta t}), \quad (1)$$

где $R_{F,t}$ – термическое сопротивление в момент времени t , $R_{F,\infty}$ – термическое сопротивление в бесконечное время, β задает константу, зависящую от свойств системы.

В целом данная модель является математическим описанием кривых загрязнения на рис. 1. К сожалению, она малоприменима на стадии проектирования, если неизвестны значения $R_{F,\infty}$ и β . А они, в свою очередь, зависят от природы загрязнения и условий эксплуатации и определяются экспериментально. Поэтому выражение (1) можно использовать в процессе эксплуатации, когда появится возможность для определения $R_{F,\infty}$ и β .

Приведенные в работе [5] экспериментальные данные показывают, что выражение (1) описывает скорее математическое ожидание значений термического сопротивления, а реальные значения будут иметь случайные отклонения от них, которые можно характеризовать неким законом распределения со своими параметрами. Обработка данных [5] показала, что чаще всего подходит нормальный закон распределения. Это характерно для случаев, когда на процесс роста толщины загрязнения влияет несколько разнонаправленных факторов. Коэффициент вариации лежит в диапазоне $V = 0,05-0,4$.

Влияния отложений на эксплуатацию теплообменников требует при проектировании ориентироваться на некоторое предельно допустимое для штатной эксплуатации СЭУ значение загрязнения (т.е. $R_{F,\infty}$) и назначать запас теплообменной поверхности (обыкновенно 15–20%), а при эксплуатации учитывать возможное снижение параметров энергетической установки в целом и вывод ее из эксплуатации для очистки поверхностей теплообмена при превышении этого значения. Все это ведет к увеличению затрат на создание и эксплуатацию СЭУ. Сложный характер процесса формирования отложений, носящий как отмечалось выше случайный характер, приводит к тому, что принятие решения о конструкции теплообменника и об его эксплуатации требует от лиц, принимающих решение, иметь количественное обоснование своих действий. Таким основанием может служить оценка величины риска, которая нашла применение в методологии формализованной оценки безопасности (ФОБ), рекомендованной для применения Международной морской организацией [8].

В методологии ФОБ риск вычисляется по формуле

$$R = PC,$$

где P – частота (или вероятность) нежелательного события; C – степень тяжести последствий нежелательного события.

Как правило, принятие решения о приемлемости риска выполняется при выполнении условия

$$R \leq R_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $R_{\text{доп}}$ – допустимая (приемлемая) величина риска нежелательного события.

При рассмотрении разных вариантов назначения величины запаса площади теплообмена или времени эксплуатации теплообменника степень тяжести последствий нежелательного события остается обыкновенно величиной постоянной. Это позволяет перейти к нормированию риска по величине $P_{\text{доп}}$, определяемой из соотношения

$$P_{\text{доп}} = R_{\text{доп}} / C,$$

где $C = \text{const}$.

Тогда выражение (2) приводится к виду

$$P \leq P_{\text{доп}}.$$

Для прогнозирования риска в работе [9] обосновано применение имитационного моделирования (ИМ). В ходе ИМ варьируются режимные или геометрические параметры для разных вариантов выполнения теплообменника и определяются вероятности превышения предельных значений температур и/или перепадов давлений (рис. 2).

Далее изложены *новый метод и алгоритм* определения значения величины P , что на основании ее сравнения с $P_{\text{доп}}$

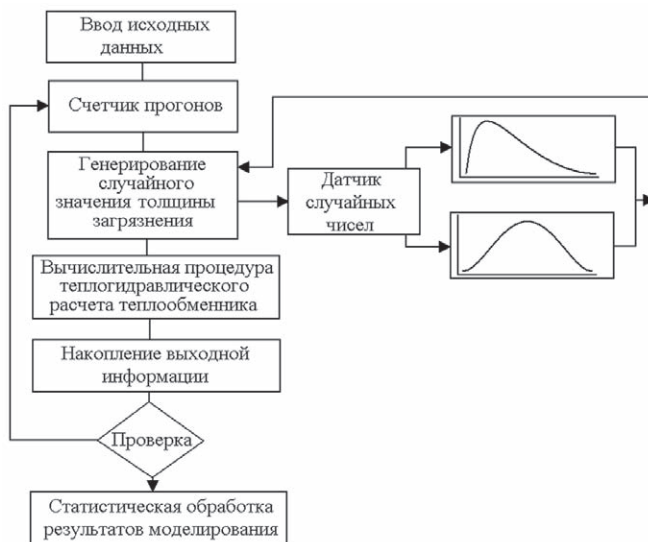


Рис. 2. Структурная схема имитационного моделирования теплового состояния теплообменника

позволит лицам, принимающим окончательное решение, обоснованно предпринимать дальнейшие действия.

Суть метода состоит в следующем:

1. По характеристикам соответствующей системы, элементом которой является теплообменник, а также по ресурсу его эксплуатации и действующим тепловым нагрузкам определяются потребная температура и перепады давлений теплоносителей для расчетных трактов теплообменника. Намечаются предельные значения абсолютных температур и градиентов давлений теплоносителей.

2. На основании заданных параметров рабочих сред (расходу, температуре, давлению) определяются граничные условия и выполняется расчет теплового состояния и гидравлического сопротивления трактов теплообменника для режима работы без загрязнения.

3. Аналогичные расчеты выполняются для режимов с разной толщиной загрязнения.

4. На основании анализа расчетных температур теплоносителей и гидравлического сопротивления трактов движения теплоносителей для разных параметров загрязнения определяются зависимости, описывающие характер изменения указанных величин температур T и/или перепады давлений Δp в зависимости от геометрических параметров (толщины) загрязнения.

5. Выдвигается и обосновывается гипотеза о законе распределения толщин загрязнения и его характеристиках, например, коэффициенте вариации V .

6. Задача нахождения вероятности отказа P основана на проведении в процессе ИМ $N_{\text{исп}}$ статистических испытаний. В их ходе разыгрываются, например методом Монте-Карло, случайные значения толщин отложений. С их учетом рассчитываются параметры теплообменника. В результате определяется, сколько раз $N_{\text{н.н}}$ температурный уровень или перед давлений, определенные с выбранным значением V , привел к превышению предельных значений $T_{\text{пр}}$ или $\Delta p_{\text{пр}}$. Тогда вероятность отказа

$$P = N_{\text{н.н}} / N_{\text{исп}}.$$

7. На основе сравнения величины рисков выбирается наиболее безопасный вариант выполнения детали элемента СЭУ.

Следует отметить, что загрязнение поверхности теплообмена вызывает не только рост термического сопротивления, но и изменение коэффициента теплоотдачи. Это вызвано изменением температуры стенки поверхности теплообмена, шероховатости поверхности и скорости теплоносителя. Загрязнение влияет и на потери давления, когда толщина загрязнения становится существенной, и это приводит к сужению

поперечного сечения тракта движения рабочего тела. Поэтому для учета одновременного воздействия этих факторов на параметры, характеризующие работу теплообменника, необходим теплогидравлический расчет всего теплообменника.

При ИМ характерно проведение массивов статистических испытаний (100 000 и более). Это создает трудности при использовании профессиональных пакетов программ, предназначенных для расчета теплообменников, связанные с организацией ввода и вывода данных и продолжительностью счета. Предлагается в пакете выполнять только несколько вычислений для характерных режимов. К таким режимам можно отнести работу с чистой поверхностью теплообмена (без отложений), с отложениями при низкой, средней и высокой степени загрязнения. На основании таких расчетов можно получить аналитические зависимости, например на основе интерполяционного многочлена Лагранжа, которые можно использовать уже в статистических испытаниях для определения нужных для анализа риска параметров. Это позволяет резко сократить время ИМ.

Для получения количественной оценки получаемого эффекта работа теплообменника моделировалась в программном обеспечении Xchanger Suite v.7.1. компании HTRI (США), которая специализируется на исследованиях процессов теплообмена более 50 лет, позволяющем проводить теплогидравлические расчеты большинства видов теплообменного оборудования. Программное обеспечение содержит обширные базы теплоносителей, материалов и элементов конструкции теплообменных аппаратов, что позволяет быстро и точно выполнить инженерный расчет. Расчеты велись в программном модуле Xist для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

В качестве примера выполнен расчет водо-водяного теплообменника номинальной теплопроизводительностью $W_{ном} = 1070$ кВт с теплообменной поверхностью 13 м^2 (рис. 3).

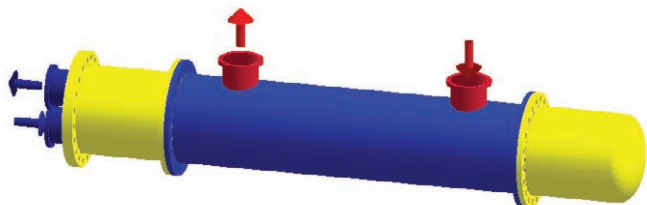


Рис. 3. Судовой водо-водяной кожухотрубчатый теплообменник, смоделированный в среде Xchanger Suite v.7.1

Принято, что отложения образуются в трубном пространстве с морской водой в качестве теплоносителя. Следует отметить, что в результате расчета (табл. 1) определяются значения температур на входе, выходе и перепад давления каждого тракта движения рабочих сред в теплообменнике, а также его теплопроизводительность. Анализ полученных результатов расчета показал, что $W_{ном}$ соответствует 30%-ному запасу теплообменной поверхности, тогда как без учета отложений теплопроизводительность составляет 1388 кВт. Использование аппроксимирующих зависимостей позволило определить толщину загрязнения, соответствующую $W_{ном}$, она составила $\delta_{ном} = 0,42 \text{ мм}$ ($R_{f,\infty} = 0,00014 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$). Эта величина использована далее как математическое ожидание толщины загрязнения, относительно которой разыгрывались случайные значения по выбранному закону распределения. Какой из полученных параметров (или их комбинация) является определяющим, при выборе варианта конструкции теплообменника, зависит от его назначения и является предметом отдельного исследования. В данном случае в качестве таких параметров назначены предельное значение температуры $T_{пр} = 79^\circ \text{С}$ и перепада давления теплоносителя $\Delta p_{пр} = 7 \text{ кПа}$. Эти величины определены из условия нежелательности уменьшения теплопроизводительности теплообменника более чем на 20% (до 856 кВт). Температуры и перепад давления

удобно использовать потому, что эти величины могут быть определены непосредственно прямым замером на работающей установке с помощью, чаще всего, штатных приборов.

Таблица 1
Загрязнение в трубном пространстве с морской водой в качестве теплоносителя

Загрязнение поверхности	Коэфф. термического сопротивления, м²К/Вт	Толщина загрязнения, мм	Температура, °С				Теплопроизводительность, кВт	Перепад давления в трубах, кПа
			в межтрубном тракте		внутри труб			
			Вход	Выход	Вход	Выход		
Чистая	0	0	89	72,7	32	47,8	1388	5
Низкое	0,00017	0,5		77,3		43,4	1000	6,6
Среднее	0,00035	0,75		80,3		40,5	743	7,8
Сильное	0,00085	1,5		84,4		36,4	390	15,5

Примечание: расход рабочих сред – const

Для проведения статистических испытаний разработана программа на алгоритмическом языке Borland Delphi. В программе предусмотрена возможность выбора закона распределения и задания его параметров. Вводятся также результаты расчета теплообменника в модуле Xist, а также $\delta_{ном}$, $T_{пр}$ и $\Delta p_{пр}$.

Используя гипотезу о нормальном законе, статистические испытания при $V = 0,3$ и $N_{исп} = 100000$ показали, что вероятность превышения по уровню температур $T_{пр}$ равна $3,88 \pm 0,01\%$, а для $\Delta p_{пр} - 8,37 \pm 0,02\%$, в целом для теплообменника $P = (11,93 \pm 0,05)\%$. Наибольшее превышение над $T_{пр}$ в испытаниях составило $3,09^\circ \text{С}$, над $\Delta p_{пр} - 1,86 \text{ кПа}$. Максимальная толщина загрязнения достигала $\delta_{max} = 0,91 \text{ мм}$.

Следует отметить, что описанную выше методику можно использовать и для оценки риска эксплуатации теплообменника в период роста толщины загрязнения. В этом случае в качестве математического ожидания толщины загрязнения $\delta_{ном}$ следует использовать значение, полученное на основе $R_{f,p}$ определенного по зависимости (1).

Приведенный пример носит демонстрационный характер. Но описанная методика позволяет проводить аналогичные исследования применительно к любым типам судовых теплообменников, работа которых сопровождается загрязнением поверхностей теплообмена, и принимать обоснованное решение.

Авторы выражают признательность компаниям «Н-Пром Бюро» и HTRI за поддержку в проведении данных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелев И. Ф., Пимошенко А. П., Попов Г. А. и др.: Справ. судового механика по теплотехнике. – Л.: Судостроение, 1987.
2. Равин А. А. Методы диагностики судового энергетического оборудования: монография. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2013.
3. Теплообменники энергетических установок/Под общ. ред. Ю. М. Бродова. – Екатеринбург: Сократ, 2002.
4. Пираиан Б. Н., Баранов В. В., Васильев А. И. Сударева Е. А. Судовые котельные работы: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1989.
5. Зеттлер Х. У. Влияние свойств поверхности и распределения потока на загрязнение поверхностей теплообмена. – СПб.: Страта, 2014.
6. Костылев И. И., Петухов В. А. Котельные установки с органическим теплоносителем: монография. – СПб.: Изд-во ГУМРФ, 2013.
7. Kern D., Seaton R. Theoretical analysis of thermal surface fouling // Brit. Chem. Engr. – 1959. – Vol 4. – P.258–262.
8. Медведев В. В. Применение методологии формализованной оценки безопасности при проектировании судовой энергетической установки и ее элементов: Монография. – СПб.: Реноме, 2008.
9. Медведев В. В. Применение имитационного моделирования для обеспечения надежности и безопасности судовых энергетических установок: Монография. – СПб.: Страта, 2013. ■

ПОТРЕБНОСТЬ В ЛЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Сложные ледовые условия накладывают ограничения на выполнение операций, выполняемых при реализации проектов освоения морских месторождений нефти и газа в Арктике как на этапе разведки, так и на этапе их эксплуатации. Для выбора времени и увеличения сезона проведения технологических операций на арктическом шельфе требуется информационная система, снабжающая ледового менеджера оперативными данными для принятия верного решения о начале и продолжительности проведения запланированных работ. Такая система должна быть ориентирована на поддержку всего спектра морских операций в акватории технологического морского объекта на шельфе, иметь модульную структуру, а также обеспечивать автоматическую генерацию рекомендаций для принятия решений в случае возникновения опасных ситуаций. Существующие в настоящий момент российские системы мониторинга ледовых условий (в частности, российская система «Север», развернутая на базе ФГБУ «ААНИИ») ориентированы на мониторинг значительных пространств Арктики и, как следствие, не предназначены для поддержки принятия решений в акватории отдельных локальных морских объектов, применяемых для освоения российского континентального шельфа.

РОССИЙСКАЯ ЛЕДОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА (ЛИС) – ЗАЛОГ УСПЕШНОГО ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

В.В. Рыбий, начальник отдела,
Д.В. Казунин, д-р техн. наук, директор по разработке ПО,
АО «Кронштадт Технологии»,
О.Я. Тимофеев, д-р техн. наук, зам. ген. директора,
В.А. Беляшов, канд. техн. наук, гл. конструктор,
А.А. Проняшкин, начальник науч.-исслед. тренажерного комплекса,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
И.Д. Казунин, аспирант СПбПУ Петра Великого,
контакт. тел. +7 (911) 114 4834, +7(921) 754 0194, +7 (905) 200 5118

АНАЛОГИЧНЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Опыт использования систем управления ледовой обстановкой зарубежного производства способствует существенно повышению экономической эффективности проектов освоения и эксплуатации морских месторождений Арктики.

Наиболее известным аналогом разработанной системы является система мониторинга ледовой обстановки Narwhal компании «ION Geophysical». Это современная ГИС-ориентированная система, которая автоматически отображает ледовую обстановку из базы данных корпорации «ION», при этом для организации трафика ис-

пользуется канал спутниковой связи. Система загружает и структурирует каждый информационный блок, присваивая ему временную метку и геопривязку. Ледовые специалисты и аналитики имеют возможность настраивать рабочие слои ГИС и с помощью программных средств отображать на одном дисплее (привязка к локальному региону) карты ледовых полей, спутниковые снимки, обрабатывать информацию радаров, прогнозы погоды, записи журналов наблюдений ледовой обстановки, а также накладывать на эти данные схему проведения запланированных работ по освоению месторождения и фрагментов геологической информации.

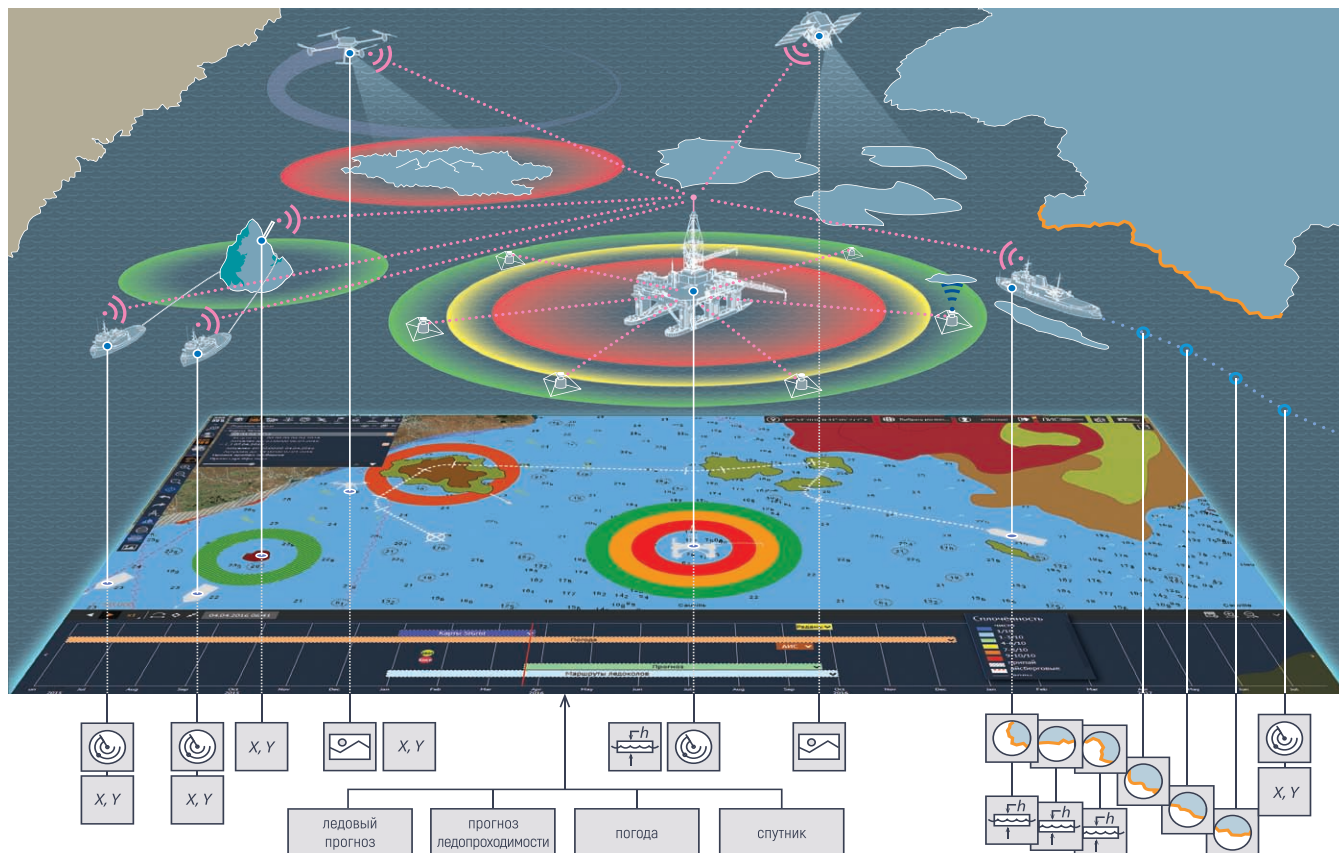


Рис. 1. Мониторинг и управление ледовой обстановкой при защите объектов континентального шельфа

ЛИС — РОССИЙСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ ВОКРУГ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Ледовая информационная система (ЛИС) позволяет решать шесть основных задач:

1. *Вести в автоматическом режиме непрерывный круглосуточный мониторинг* района защищаемого объекта путем сбора данных о ледовой обстановке с различных собственных датчиков системы, а также с внешних устройств и информационных ресурсов.

Данные в системе об *оперативной обстановке* формируются с помощью крупномасштабных карт ледовой обстановки и космоснимков, а также от модулей:

- донных станций, предоставляющих информацию о толщине и параметрах движения льда над установленным поясом станций;
- ледовых маркеров, работающих по технологии АИС или с использованием спутниковой связи «Гонец», траекторий свободно дрейфующих ледовых образований;
- штатных ледовых приставок, установленных на судах (таких как Rutter Sigma S6, FICE-100 либо любой другой радарной приставки) о ледовой обстановке в районе работ;
- приема данных беспилотника (БПЛА), использующихся для подтверждения данных ледовой разведки и выявления опасных ледовых образований;
- передачи данных с радаров различных производителей, имеющих цифровой выход о параметрах ледового покрова.

Данные в системе о *прогнозах* по изменению ледовой обстановки формируются с помощью информационных ресурсов и береговых аналитических центров, и включают в данные:

- гидрометеопрогнозов (включая прогнозы ветра в виде региональной атмосферной модели WRF для района мониторинга и прогнозы волнения и приливов);
- прогнозов движения айсбергов;
- прогнозов ледовой обстановки SIGRID.

Информация о наблюдаемой обстановке вокруг защищаемого объекта объединена с информацией о расположении и параметрах движения ледоколов и судов, находящихся в регионе, и предоставляется оператору в виде ситуационного плана, позволяющего всем заинтересованным иметь достоверную и обобщенную информацию о ходе операции по управлению ледовой обстановкой с целью обеспечения безопасности выполнения запланированных (технологических) работ. Состав дополнительного

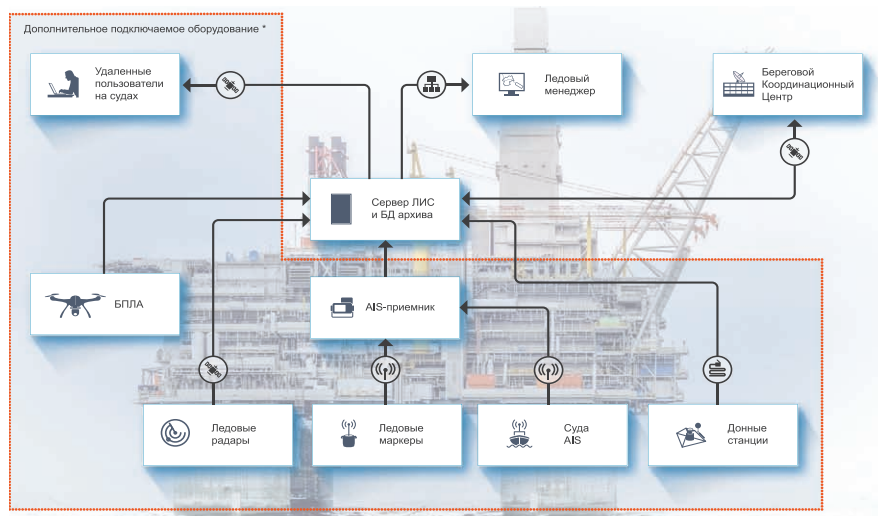


Рис. 2. Состав дополнительного подключаемого оборудования

ного оборудования, обеспечивающего комплекс ЛИС данными оперативной обстановки представлен на рис. 2.

2. *Оказывать поддержку принятия решений при выполнении операций* управления ледовой обстановкой с помощью ледоколов и судов обеспечения (УЛО) путем предоставления лицу, принимающему решение, следующей информации:

- данных об объектах шельфа, для защиты которых проектируется система управления ледовой обстановкой;
- гидрометеорологической информации, включающей в себя данные о ледовом режиме;
- архивной информации о гидрометеорологической и ледовой обстановке.

3. *Осуществлять доступ к оперативным данным мониторинга акватории* для локальных и для удаленных авторизированных пользователей в рамках корпоративной сети или сети Интернет.

4. *Осуществлять доступ к накопленным архивным данным мониторинга* для локальных и для удаленных авторизированных пользователей в рамках корпоративной сети или сети Интернет.

5. *Рассчитывать ледовую обстановку и оценивать степень опасности ледовых образований* на основе расчетных оценок ледовых нагрузок на платформу и данных об актуальной ледовой обстановке, полученной от системы мониторинга. Благодаря распределенной модульной структуре ЛИС расчеты могут быть выполнены квалифицированными специалистами в береговом координационном центре, а результаты расчетов оперативно предоставляться ледовому менеджеру на защищаемой платформе.

6. *Выполнять расчет эффективности разрушения ледовых образований* с помощью имеющихся ледоколов в районе защищаемого объекта. Для разработки тактики управления ледовой обстановкой (УЛО) с использованием ледокольных судов обеспечения, специалистами

ФГУП «Крыловский Государственный научный центр» на базе натурных и модельных экспериментов были разработаны алгоритмы расчета, позволяющие в зависимости от типа ледового образования выбирать наиболее эффективные маневры для УЛО, а именно:

- движение на фронт опасного образования носом и кормой судна;
- движение по циркуляции со смещениями (на правый и левый борт);
- движение галсами со смещениями (на правый и левый борт).

Для выбора траектории движения ледокола применяется критерий оптимизации «времени проведения операций для достижения безопасного (прогностического) размера образующихся обломков льда и их силочности», которые определяют безопасность операций у защищаемого сооружения.

Архивирование в ЛИС данных о проведенных операциях по УЛО и их последующее обобщение позволит скорректировать и развить схемы реализации УЛО как отдельным судном, так и группой судов, с учетом специфики движения льда для конкретного региона нахождения защищаемого объекта.

Процедура планирования операции УЛО в ЛИС включает следующие этапы, иллюстрируемые на рис. 3:

- 1) сбор информации о текущей ледовой обстановке в ближней, средней и дальней зонах от охраняемого объекта;
- 2) расчет тренда дрейфа льда за время проведения операции его разрушения, с определением траектории дрейфа льда, проходящей через точку расположения платформы;
- 3) с учетом специфики защищаемого сооружения выбираются: цели проведения УЛО и критериев разрушения льда, а также проводится расчет траектории движения (смещения I_s) ледяного покрова;
- 4) наложение защищаемого объекта (платформы) на прогнозируемую траекторию движения льда.

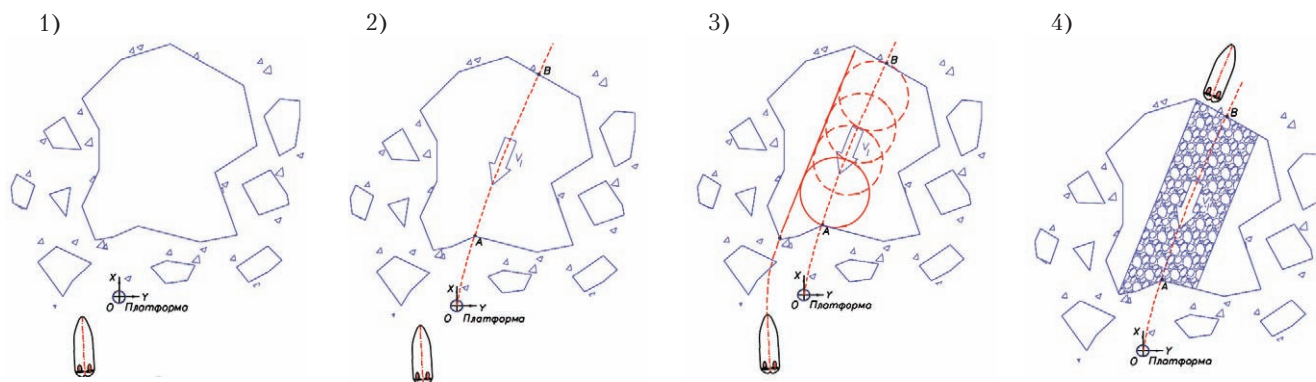


Рис. 3. Этапы процедуры планирования операции УЛО в ЛИС

Наложенная на картину дрейфа ледяного образования траектория движения ледокольного судна рассчитывается с помощью зависимостей, разработанных специалистами ФГУП «Крыловский государственный научный центр». На основе расчета делается заключение о возможности/невозможности выполнения данного маневра данным судном в данном ледяном образовании. При возможности реализации выбранного маневра с заданными параметрами оценивается время на выполнение данного шага УЛО и сопоставляется с расстоянием перемещения льда при дрейфе. При невозможности выполнения маневра УЛО с необходимой скоростью (например, толщина льда превышает ледопроездимость судна, и оно не может продвигаться и разрушать лед или расчетный диаметр циркуляции оказывается на много больше диаметра циркуляции на чистой воде или вообще невозможен, что приводит к потере времени операции) осуществляется выбор другого маневра или принятие решения оператором о прекращении операций на платформе.

СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОДУЛЕЙ ЛИС И ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ КРУПНЫХ МОДУЛЕЙ

Основной проблемой при организации систем мониторинга является обеспечение каналов связи между ис-

точниками данных. На территории Российской Федерации для организации беспроводной связи выделено несколько диапазонов частот, работа в которых по большей части является лицензируемой. При разработке ЛИС были проанализированы следующие варианты связи:

- использование технологий WiMAN (WiMax);
- использование технологий LTE;
- радиосвязь в УКВ/КВ диапазоне;
- различные варианты спутниковой связи (Iridium, Inmarsat, VSAT, Гонец).

Варианты организации системы связи по технологиям WiMAN (WiMax) или LTE требуют обязательной установки базовых станций и являются дорогостоящими. Также существенной проблемой становится необходимость получения разрешения ГРЧЦ (ФГУП «Главный радиочастотный центр») на использование частот, которое действует только в запрашиваемом заявителем регионе с согласованной зоной покрытия (получение данного разрешения – ресурсоемкая процедура).

Связь с использованием радиомодемов в УКВ/КВ диапазоне имеет низкую стоимость, не требует получения лицензии (ЛИС предназначена для регионов с низкой плотностью источников приема-передачи данных, что позволяет использовать нелицензируемые частоты), но не обеспечивает достаточной скорости при

передаче данных. В частности, время передачи одного радарного снимка при использовании одноканальной связи составляет до 50 мин., при использовании передачи данных, разбитых на пакеты по нескольким каналам, — до 20 мин.; столь длительная передача данных неизбежно будет влиять на качество обмена информацией.

Выбранным для реализации ЛИС решением по связи модулей между собой является спутниковая связь. Проведенный анализ вариантов связи показал, что современное состояние сети спутниковой связи в Арктике позволяет осуществлять передачу данных мониторинга с использованием российской сети VSAT от ФГУП «Космические системы» и коротких сообщений от датчиков (данные в формате коротких сообщений) по сети «Гонец».

Полная схема каналов связи между модулями ЛИС состоит из элементов, приведенных на рис. 4.

1. Для связи сервера ЛИС с береговым координационным центром и модулем получения данных метеопрогнозов и космоснимков используется спутниковая связь VSAT.

2. Связь сервера ЛИС с дополнительными подключаемыми модулями осуществляется:

а) по спутниковой связи VSAT с судовыми абонентами, в том числе передача

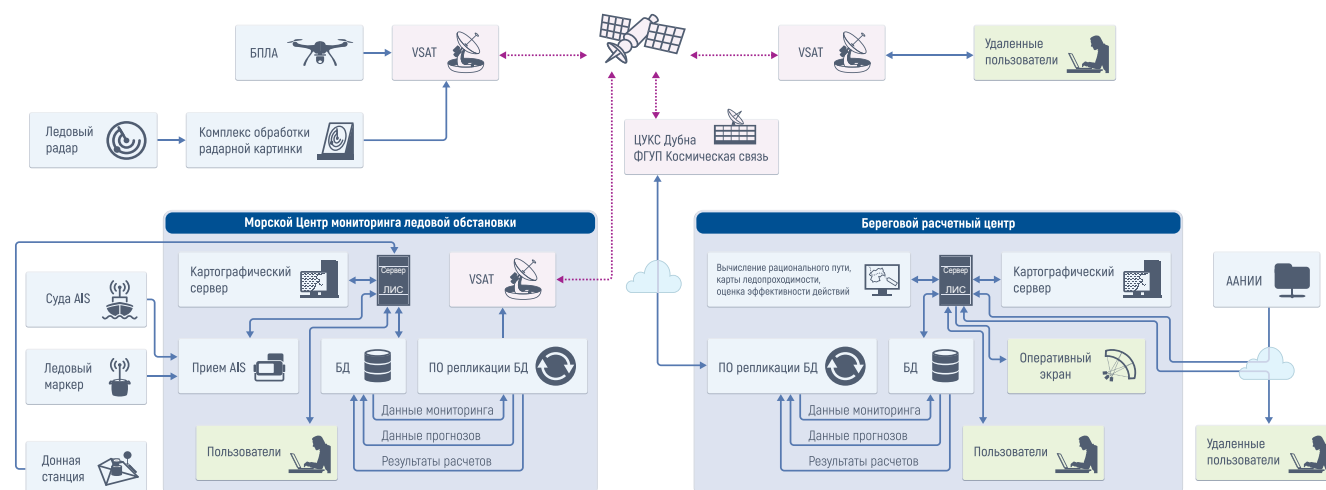


Рис. 4. Полная схема каналов связи между модулями ЛИС

данных ледового радара, планируемый объем трафика составит до 120 Мб/сут при условии непрерывного движения судна;

б) по технологии АИС передаются данные от активированных ледовых маркеров короткого срока службы и данные о положении судов;

в) по спутниковой связи «Гонец» передаются данные от активированных ледовых маркеров длительного мониторинга;

г) по кабелю передаются данные от донных станций.

ПОДКЛЮЧАЕМЫЕ ДАТЧИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ

ЛИС имеет модульную структуру, что позволяет при необходимости подключить к системе нового типа датчики. Базовый набор датчиков обеспечивает систему мониторинга необходимой информацией о ледовой обстановке в локальной зоне мониторинга защищаемого объекта и включает:

1. **Сбор информации о толщине и параметрах движения льда в фиксированном поясе.** Донные станции собственной разработки предназначены для установки поясом «безопасности» вокруг защищаемого объекта и используются для передачи данных о толщине, скорости и направлении движения льда над собой. Измерение производится с помощью ультразвуковых сонаров (рис. 5), а передача данных и питания осуществляется по кабелю. На сегодняшний день станции предназначены для работы на глубине до 50 м.



Рис. 5. Общий вид ультразвукового сонара

2. **Информация о положении отмеченных опасных ледовых образований (ОЛО).** Для передачи информации о параметрах опасных дрейфующих ледовых образований (ОЛО) используются ледовые маркеры собственной разработки, которые перед использованием в системе должны быть установлены на ОЛО и активированы.

Данные от маркеров (рис. 6) в ЛИС передаются либо по технологии АИС и принимаются стандартным АИС-приемником, либо через спутники системы «Гонец». Маркер (с внутренним обогре-

вом) весит примерно 10 кг при габаритах 400×400×600 мм, и обладает положительной плавучестью (на случай падения в воду).

В проекте реализовано два типа маркеров:

– ледовые маркеры, использующие технологию АИС. Им присваивается MMSI категории «Судовое оборудование», работают они до 3 сут. Для одновременной работы нескольких маркеров их требуется прописать в расписании базовой станции, установленной на защищаемом объекте. Преимуществами использования данного типа маркеров является их низкая цена и доступность данных ОЛО по положению маркера со всех судов в зоне действия локализованной системы (без оплаты трафика);

– для передачи данных о положении маркера дополнительно можно использовать спутниковую связь системы «Гонец», такие маркеры работают до 20 сут. Преимуществами использования данного типа маркеров являются относительно низкая цена и низкие эксплуатационные расходы по спутниковой связи (за 1 маркер – 1800 руб./мес. в ценах на июль 2016 г.).

3. **Данные ледовых радаров.** Модуль представляет собой программно-аппаратный комплекс, который позволяет обеспечить покрытие части акватории зоны мониторинга за счет подключения к уже установленным на суда ледовым радарам (Rutter Sigma S6, Furuno FICE 100 либо любой другой). Подключение выполняется параллельно существующему радар-процессору, что не оказывает влияния на его работу, а в ледовую информационную систему передается

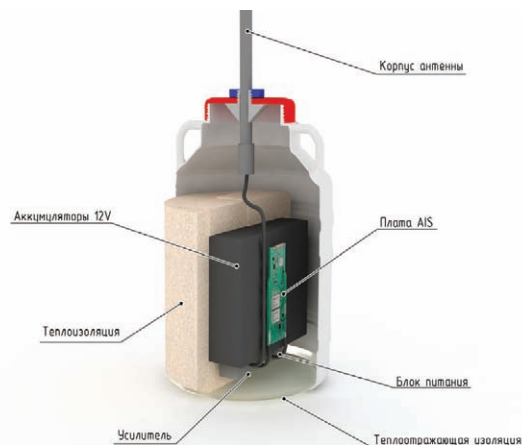


Рис. 6. Схема маркера

изображение с экрана ледового радара, расположенного на судне, преобразованное в geotiff с надлежащей географической привязкой. При этом объем передаваемых данных при движении судна не более 120 Мб/сут (2,5 Мб/ч), частота передачи информации автоматически регулируется таким образом, чтобы при движении судна обеспечивать непрерывное покрытие региона данными ледового радара. Преимущества подключения к штатному установленному на судне ледовому радар-процессору заключается в том, что пользователи ледовой информационной системы обладают той же самой информацией, что и на судне, без потери качества изображения (рис. 7).

4. **Данные от БПЛА** используются для подтверждения данных ледовой разведки, полученных с других датчиков. Снимки БПЛА после обработки и географической привязки загружаются в систему мониторинга и доступны пользователю для анализа.

5. **Бортовой измеритель толщины льда и канала за движущимся судном.**

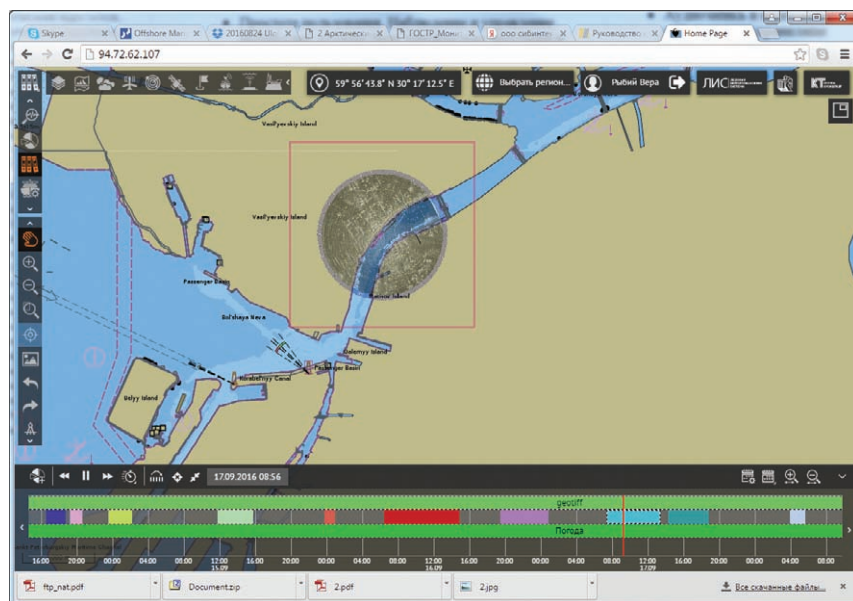


Рис. 7. Пример представления информации от ледового радара в ЛИС

Для сбора наиболее точной информации о ледовой обстановке в акватории платформы используется бортовой измеритель толщины льда и характеристик движения судна, который устанавливается на борт судна и определяет толщину разрушаемого судном льда на основе цифровой обработки видеоданных с известными параметрами камер и места съемки о процессе выхода льдин у борта судна и образования ледового канала за кормой судна, а также измерения мгновенных параметров энергетической установки судна, движения судна. Измеритель состоит из видеорегистратора с четырьмя видеокамерами, приемника GPS/Глонасс, модуля контроля и сети передачи данных, имеет двукратно резервированное автономное питание (рис. 8).

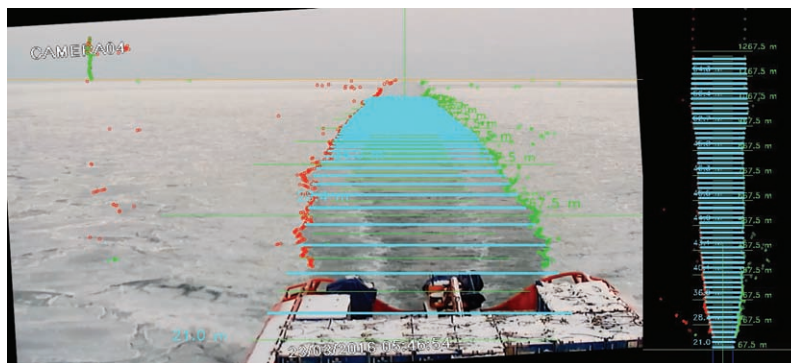


Рис. 8. Приложение определения ширины ледового канала

КЛИЕНТСКИЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДОСТУПА К ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ЛИС

Доступ к результатам расчетов и данным мониторинга осуществляется при помощи стандартного web-браузера авторизированному пользователю из любой точки мира.

Использование web-приложения для доступа к данным мониторинга обеспечивает возможность получения актуальной информации с различных устройств и локаций. Приложение доступа к ЛИС (рис. 9) обладает всеми функциями современных ГИС мониторинга, позволяя осуществлять временной и пространственный анализ данных с помощью:

- визуализации картографической информации. В качестве картографической подложки могут быть использованы стандартные навигационные карты или собственные карты пользователей, а также подключаемые пользователем стандартные wms-сервисы, данные космической съемки, ортофотопланы;
- совмещения отображения различных слоев информации, таких как ледовые карты, карты дрейфа льда, погодные карты, данные датчиков, радарные снимки и космоснимки, с возможностью изменения прозрачности, видимости и порядка отображения как слоев, так и отдельных объектов;
- автоматизированного формирования изображений для подготовки отчетов и презентаций;
- визуализации данных датчиков в режиме реального времени и архивных данных за выбранный пользователем период времени.

БЕРЕГОВОЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

Выполнение расчетов и выработка рекомендаций по выполнению операций выполняется в береговом расчетном центре (рис. 10), оборудованном цилиндри-

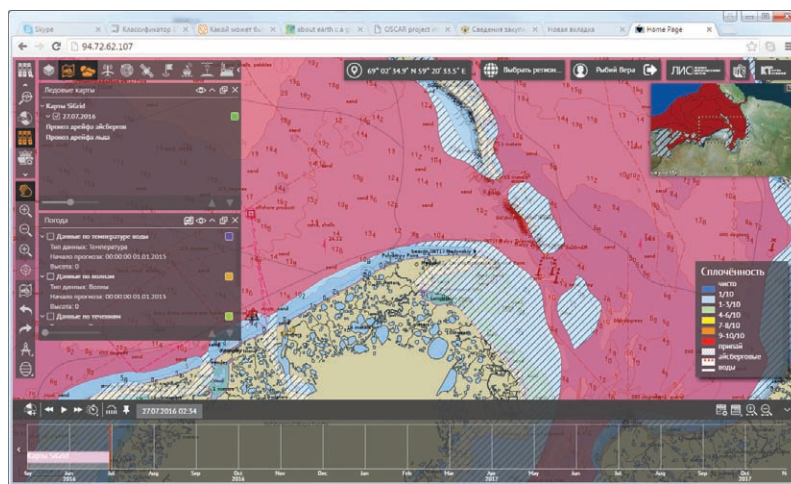


Рис. 9. Приложение для доступа к результатам расчетов и данным мониторинга



Рис. 10. Береговой аналитический центр

ческой проекционной системой для вывода информации на оперативный экран.

Оборудование берегового расчетного центра позволяет проводить совместные совещания управляющего персонала и персонала на морском шельфовом объекте, а также предоставляет персоналу берегового центра доступ ко всем оперативным и архивным данным мониторинга.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная ЛИС – современное российское решение для контроля ледовой обстановки на морских шельфовых сооружениях Арктики.

2. Подключение к собственным датчикам ледовой обстановки позволяет ЛИС вести непрерывный круглосуточный мониторинг ледовой обстановки.

3. Математические модели, входящие в ЛИС, позволяют осуществлять расчет дрейфа опасных ледовых образований (ОЛО) и выбирать оптимальные способы борьбы с ними путем активной работы ледокольного флота и судов обеспечения.

4. Данные мониторинга ледовой обстановки и результатов действий судов УЛО доступны как управляющему персоналу на морском шельфовом сооружении, так и в береговом координационном центре принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камерон С. Понимание ледовой обстановки – залог успешной работы в Арктике // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2014. – Т. 48. – №. 2. – С. 60–63. ■

С каждым годом ужесточаются требования к разрешающей способности радиолокационных комплексов по координатам дальность–азимут. Это, в частности, связано с широкими возможностями применения высокоточных бортовых РЛС в таких областях, как мониторинг экологической обстановки, геологоразведка, поиск объектов в зонах бедствий и т.п. Поэтому совершенствование методов повышающих разрешающую способность, в частности использование сложных сигналов [1, 2] и методов синтеза апертуры антенны для формирования высокоточного радиолокационного изображения [3], является чрезвычайно важной актуальной задачей.

При проектировании бортовой аппаратуры и синтезе высокоточных алгоритмов обработки радиолокационных сигналов возникает необходимость в проверке работоспособности аппаратуры и отработке программного обеспечения на математических моделях наблюдаемой радиолокационной обстановки [4]. Отсюда следует необходимость в адекватном моделировании этой обстановки на ЭВМ. Данная работа и посвящена разработке математических моделей и алгоритмов моделирования радиолокационных сигналов, отраженных от подстилающей поверхности зоны наблюдения бортового радиолокатора. При этом рассматриваются модели и алгоритмы, адаптированные под два наиболее распространенных режима работы бортовых локаторов, использующих алгоритмы синтеза апертуры антенных систем – режим полосового обзора и режим телескопического наблюдения участка поверхности [5]. Эти алгоритмы могут быть использованы и при многопозиционной локации [3].

РЕЖИМЫ СИНТЕЗИРОВАНИЯ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

В режиме полосового обзора проводится наблюдение полосы подстилающей поверхности при боковом обзоре, при этом при движении летательного аппарата (ЛА) антенная система бортового локатора неподвижна относительно ЛА (отсутствует сканирование), а «пятно радиолокационной засветки» скользит по поверхности со скоростью передвижения ЛА (рис. 1).

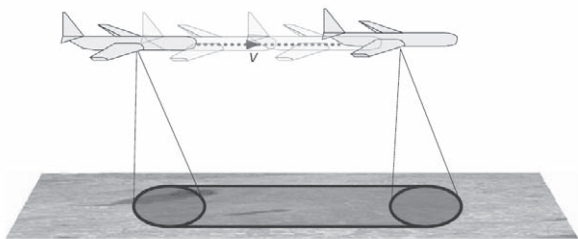


Рис. 1. Режим полосового обзора

В этом режиме в аппаратуру поступают эхо-сигналы подстилающей поверхности по каждому кадру (в каждом периоде зондирования). Кадры «наползают» друг на друга, при этом в элементах разрешения по дальности и азимуту меняется количество активно отражающих элементарных участков поверхности. Это приводит к тому, что эти элементарные участки могут «переползть» в соседние кадры и иметь разные поправки доплеровских частот, что приводит к изменению статистических характеристик сигналов, наблюдаемых в элементах разрешения. Размер элементов разрешения по дальности определяется длительностью зондирующего импульса (сжатого импульса при использовании ЛЧМ или ФМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ БОРТОВОЙ РЛС, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ОТРАЖЕНИЯМИ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА ОТ ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗЕМЛИ И МОРЯ

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф.,
зам. ген. директора по науке АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
Д.А. Шенета, канд. техн. наук, доцент ИФ ГУАП,
В.А. Ненашев, ассистент ГУАП,
контакт. тел. (812) 271 6774, +7(911) 262 1464

сигналов) [1,2], а элементов разрешения по азимуту – особенностями антенной системы бортового локатора и алгоритмом обработки сигнала с учетом доплеровских смещений.

В режиме телескопического наблюдения участка поверхности, антенная система все время должна быть направлена в центр этого участка, т. е. в этом режиме необходима система управления антенным лучом (рис. 2).

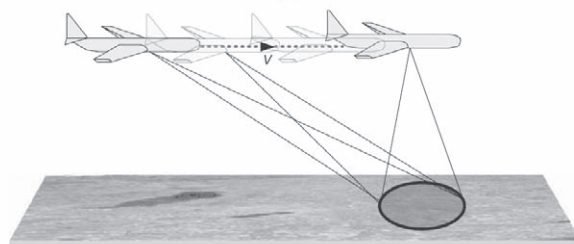


Рис. 2. Режим телескопического обзора

В режиме телескопического наблюдения происходит как бы вращение «радиолокационного пятна засветки» относительно центральной точки наблюдаемого участка подстилающей поверхности. Этот режим требует более сложной аппаратуры и обработки наблюдаемых эхо-сигналов, но позволяет получить изображение наблюдаемого участка с большим разрешением, чем режим полосового обзора [3,5]. В этом режиме кадры «вращаются», что приводит к изменению статистических характеристик эхо-сигналов в элементах разрешения еще в большей степени, чем в режиме полосового обзора, в частности за счет изменения ракурса наблюдаемых элементарных отражателей.

В результате этих явлений при математическом моделировании рассматриваемых режимов на ЭВМ возникают трудноконтролируемые методические ошибки. Чтобы уменьшить эти ошибки, необходимо увеличивать количество элементарных отражателей на подстилающей поверхности. Однако при этом неизбежно возникают статистические зависимости между эхо-сигналами, отраженными соседними элементарными отражателями, что необходимо учитывать при моделировании.

С математической точки зрения моделирование отражений от подобных, взаимозависимых элементарных отражателей, сводится к моделированию некоторого стохастического поля, изменяющегося как по пространственным координатам, так и во времени – от кадра к кадру. При моделировании стохастического поля фактически необходимо моделировать последовательность стохастических матриц, изменяющихся во времени от кадра к кадру, с заданными статистическими характеристиками, под которыми понимаются плотности распределения элементов матриц и корреляционно-спектральные пространственно-временные зависимости [6].

В каждый элемент разрешения по дальности и азимуту должно попадать довольно значительное число элементарных отражающих площадок подстилающей поверхности, количество которых собственно и определяет размерность матриц, причем чем больше размерность, тем меньше методическая ошибка.

Вопросы обработки принятого от такой поверхности отраженного радиолокационного сигнала выходят за рамки данной статьи. Здесь мы рассмотрим только алгоритмы формирования последовательности случайных матриц, элементы которых представляют собой совокупность негауссовых случайных величин, с заданными корреляционно-спектральными характеристиками, имитирующими эхо-сигналы подстилающих поверхностей.

АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ СИНТЕЗИРОВАНИЯ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

Для алгоритмов моделирования негауссовских матриц поля – введем следующие обозначения: V – элементы негауссовского поля; U – элементы порождающего гауссовского поля; (X, Y) – ортогональные координаты поля U вдоль координатных осей X и Y ; $r^{(X)}, r^{(Y)}$ – соответствующие нормированные корреляционные функции (элементы корреляционных матриц) по соответствующим координатным осям порождающего гауссовского поля; $f(\cdot)$ – нелинейное функциональное преобразование, соответствующее требуемой плотности распределения моделируемого поля [6]; ξ – нормальные совместно независимые случайные величины с нулевыми средними и единичными дисперсиями. Все введенные величины являются индексированными и в нашем конкретном случае имеют не более трех индексов, причем один из индексов временной.

Итак, требуется моделировать случайные матрицы V_t , зависящие от временного индекса t , размерность матриц $[M^{(X)} \times M^{(Y)}]$

$$V_t = \begin{bmatrix} V_{1,1,t} & V_{1,2,t} & V_{1,3,t} & \dots & V_{1,M^{(X)},t} \\ V_{2,1,t} & V_{2,2,t} & V_{2,3,t} & \dots & V_{2,M^{(X)},t} \\ V_{3,1,t} & V_{3,2,t} & V_{3,3,t} & \dots & V_{3,M^{(X)},t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{M^{(Y)},1,t} & V_{M^{(Y)},2,t} & V_{M^{(Y)},3,t} & \dots & V_{M^{(Y)},M^{(X)},t} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где для элементов матрицы $V_{ij,t}$ заданы математические ожидания, дисперсии и нормированные корреляционные функции.

Для моделирования этой последовательности случайных матриц воспользуемся общей методикой моделирования случайных полей, изложенной в [6]. Для нашего частного случая алгоритм моделирования элементов $V_{ij,t}$ последовательности матриц V_t , $t = \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ может быть записан в виде [7]

$$\begin{cases} X_{i,j,t} = -\sum_{l=1}^{i-1} (D_{l,i}^{(X)} / D_{l,i}^{(X)}) \cdot X_{l,j,t} + \sqrt{D_i^{(X)} / D_{i-1}^{(X)}} \cdot \xi_{i,j,t}, & i=1,2,\dots,M^{(X)}, \\ Y_{i,j,t} = -\sum_{p=1}^{j-1} (D_{i,p}^{(Y)} / D_{i,p}^{(Y)}) \cdot Y_{i,p,t} + \sqrt{D_j^{(Y)} / D_{j-1}^{(Y)}} \cdot X_{i,j,t}, & j=1,2,\dots,M^{(Y)}, \\ U_{i,j,t} = \sum_{s=1}^N a_s \cdot U_{i,j,t-s} + \sum_{d=0}^{N-1} b_d \cdot Y_{i,j,t-d}, \\ \tilde{V}_{i,j,t} = f(\bar{U}_{i,j,t} + \sigma_{i,j,t} \cdot U_{i,j,t}) = \bar{U}'_{i,j,t} \cdot \exp(\sigma_{i,j,t} \cdot U_{i,j,t}), \end{cases} \quad (2)$$

где $\xi_{i,j,t}$ – совокупность совместно независимых нормально распределенных случайных величин с нулевыми средними и единичными дисперсиями, $i = 1, 2, \dots, M^{(X)}$, $j = 1, 2, \dots, M^{(Y)}$, $t = \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$

Алгоритм (2) удобно интерпретировать следующим образом:

1. Верхнее выражение в (2) при каждом фиксированном j и t преобразует вектор вектор совместно независимых нормальных случайных величин $\xi_{M^{(X)},j,t} = (\xi_{1,j,t}, \xi_{2,j,t}, \dots, \xi_{M^{(X)},j,t})$

с нулевыми средними и единичными дисперсиями в вектор $X_{M^{(X)},j,t} = (X_{1,j,t}, X_{2,j,t}, \dots, X_{M^{(X)},j,t})$, нормально распределенных случайных величин, также с нулевыми средними и единичными дисперсиями, но с нормированной корреляционной матрицей $D_{M^{(X)}}^{(X)} = \|D_{M^{(X)}}^{(X)}\|$, матрица $D_{M^{(X)}}^{(X)}$ от j и t не зависит. Это нормированная корреляционная матрица любого из векторов $X_{M^{(X)},j,t}$

$$D_{M^{(X)}}^{(X)} = \begin{bmatrix} 1 & r_1^{(X)} & r_2^{(X)} & \dots & r_{M^{(X)}-1}^{(X)} \\ r_1^{(X)} & 1 & r_1^{(X)} & \dots & r_{M^{(X)}-2}^{(X)} \\ r_2^{(X)} & r_1^{(X)} & 1 & \dots & r_{M^{(X)}-3}^{(X)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{M^{(X)}-1}^{(X)} & r_{M^{(X)}-2}^{(X)} & r_{M^{(X)}-3}^{(X)} & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица $D_{M^{(X)}}^{(X)}$ задает корреляционные связи элементарных отражателей вдоль оси X , $D_{1,l}^{(X)} = D_{0,l}^{(X)} = 1$, $D_{l,i}^{(X)}$ – алгебраическое дополнение элемента матрицы $D_l^{(X)}$, стоящего на пересечении i -й строки и l -го столбца

$$D_l^{(X)} = \begin{bmatrix} 1 & r_1^{(X)} & r_2^{(X)} & \dots & r_{l-1}^{(X)} \\ r_1^{(X)} & 1 & r_1^{(X)} & \dots & r_{l-2}^{(X)} \\ r_2^{(X)} & r_1^{(X)} & 1 & \dots & r_{l-3}^{(X)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{l-1}^{(X)} & r_{l-2}^{(X)} & r_{l-3}^{(X)} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$l = 1, 2, \dots, M^{(X)}$, $D_{l,l}^{(X)} = D_{l-1}^{(X)}$. Векторы $X_{M^{(X)},j,t} = (X_{1,j,t}, X_{2,j,t}, \dots, X_{M^{(X)},j,t})$ совместно независимы.

2. Второе выражение в (2) при каждом фиксированном t преобразует матрицу

$$X_t = \begin{bmatrix} X_{1,1,t} & X_{1,2,t} & X_{1,3,t} & \dots & X_{1,M^{(X)},t} \\ X_{2,1,t} & X_{2,2,t} & X_{2,3,t} & \dots & X_{2,M^{(X)},t} \\ X_{3,1,t} & X_{3,2,t} & X_{3,3,t} & \dots & X_{3,M^{(X)},t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{M^{(Y)},1,t} & X_{M^{(Y)},2,t} & X_{M^{(Y)},3,t} & \dots & X_{M^{(Y)},M^{(X)},t} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

состоящую из независимых векторов, расположенных в строках матрицы, в стохастическую матрицу

$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{1,1,t} & Y_{1,2,t} & Y_{1,3,t} & \dots & Y_{1,M^{(X)},t} \\ Y_{2,1,t} & Y_{2,2,t} & Y_{2,3,t} & \dots & Y_{2,M^{(X)},t} \\ Y_{3,1,t} & Y_{3,2,t} & Y_{3,3,t} & \dots & Y_{3,M^{(X)},t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{M^{(Y)},1,t} & Y_{M^{(Y)},2,t} & Y_{M^{(Y)},3,t} & \dots & Y_{M^{(Y)},M^{(X)},t} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Элементы этой матрицы, расположенные в столбцах, представляют собой векторы, нормированная корреляционная матрица которых равна

$$D_{M^{(Y)}}^{(Y)} = \begin{bmatrix} 1 & r_1^{(Y)} & r_2^{(Y)} & \dots & r_{M^{(Y)}-1}^{(Y)} \\ r_1^{(Y)} & 1 & r_1^{(Y)} & \dots & r_{M^{(Y)}-2}^{(Y)} \\ r_2^{(Y)} & r_1^{(Y)} & 1 & \dots & r_{M^{(Y)}-3}^{(Y)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{M^{(Y)}-1}^{(Y)} & r_{M^{(Y)}-2}^{(Y)} & r_{M^{(Y)}-3}^{(Y)} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

Эта матрица $D_{M^{(Y)}}^{(Y)}$ задает корреляционные связи элементарных отражателей вдоль оси Y . Коэффициент корреляции элементов Y_{ij} и Y_{nm} матрицы Y_t равен $r_{i-n}^{(X)} \cdot r_{j-m}^{(Y)}$, а математические ожидания и дисперсии элементов равны нулю и единице, соответственно, все элементы распределены по нормальному закону.

3. Выражение в третьей строке формулы (2) преобразует каждый из элементов матрицы Y_t в элементы матрицы $U_{i,j,t}$, $t = \dots -2, -1, 0, 1, 2, 3$. Это преобразование реализуется линейным дискретным формирующим фильтром [8] с коэффициентами $(a_N, b_N) = (a_1, a_2, \dots, a_N; b_0, b_1, \dots, b_{N-1})$, которые и определяют

нормированную временную функцию корреляции последовательности $r^{(B)}(t_1, t_2) = r^{(B)}(|t_1 - t_2|) = r^{(B)}(\tau)$ для каждого из элементов матрицы $\mathbf{Y}_c$. Таким образом мы получаем матрицу для нового кадра, наблюдаемой поверхности, элементы матриц $U_{i,j,t1}$ и $U_{i,j,t2}$ имеют нормальное распределение с нулевым средним и единичной дисперсией, а коэффициенты корреляции их равны $r_{i-n}^{(X)} \cdot r_{j-m}^{(Y)} \cdot r_{t_1-t_2}^{(B)}$. Эти элементы и представляют собой элементы поля порождающих нормальных процессов, используемых для формирования негауссовых эхо-сигналов, отраженных элементарными отражателями.

4. Выражение в последней строке формулы (2) определяет нелинейное функциональное преобразование $M^{(X)} \cdot M^{(Y)}$ нормальных стационарных и стационарно связанных процессов в $M^{(X)} \cdot M^{(Y)}$ негауссовских нестационарных процессов $V_{i,j,t} = V_{i,j}(t)$ с заданными корреляционно-спектральными характеристиками и заданной плотностью распределения. Плотности распределения, корреляционные и взаимные корреляционные функции процессов $V_{i,j}(t)$ вычисляются по выражениям, приведенным в [6]. Средние и дисперсии этих процессов могут быть различными и определяются заданными свойствами элементарных отражателей.

В случае $f(\cdot) = \exp(\cdot)$ – экспоненциального преобразования, соответствующего отражениям от морской поверхности [9], моделируемое поле (как амплитуд, так и мощностей отраженных сигналов) представляет собой логарифмически-нормальное поле. Для этого частного случая получено явное выражение для нормированной пространственно-временной корреляционной функции $R_{i_1,j_1,t_1,i_2,j_2,t_2}(t_1, t_2)$ элементов поля $\tilde{V}_{i_1,j_1,t_1}$ и $\tilde{V}_{i_2,j_2,t_2}$, $i, j = 1, 2, \dots, M^{(X)}$, $j = 1, 2, \dots, M^{(Y)}$, которое записывается в виде

$$R_{i_1,j_1,t_1,i_2,j_2,t_2}(t_1, t_2) = \frac{1}{K_{i_1,j_1,t_1} K_{i_2,j_2,t_2}} \times \\ \times \left(\exp \left(r_{|i_1-i_2|}^{(X)} \cdot r_{|j_1-j_2|}^{(Y)} \cdot r^{(B)}(|t_1 - t_2|) \cdot \ln(1 + K_{i_1,j_1,t_1} K_{i_2,j_2,t_2}) \right) - 1 \right), \quad (8)$$

где $r_{|i_1-i_2|}^{(X)}$, $r_{|j_1-j_2|}^{(Y)}$, $r^{(B)}$ – соответственно пространственные (координатные) и временная корреляционные функции логарифмов $\tilde{V}_{i_1,j_1,t_1}$, а K_{i_1,j_1,t_1} , K_{i_2,j_2,t_2} – коэффициенты вариации. Численные значения параметров, входящих в выражение (8) для разных условий наблюдения морской поверхности можно найти в [9].

Следует отметить, что представленный алгоритм позволяет моделировать анизотропное поле, свойства которого различны по пространственным координатам, что соответствует физике рассматриваемых явлений. При этом к пространственным корреляционным матрицам предъявляется единственное естественное требование – требование положительной определенности.

Выражения (2) можно существенно упростить, если использовать Марковские нормальные порождающие процессы. В частности, при экспоненциальных функциях корреляции порождающих процессов [10], сложные выражения первых трех строк алгоритма (2) переходят в простые рекуррентные соотношения, при этом скорость моделирования резко возрастает. Заметим, что для обычных инженерных расчетов подобная аппроксимация корреляционных зависимостей эквивалента учету только ширины спектра флуктуаций, что для многих практических задач проектирования вполне достаточно.

ВЫВОДЫ

При имитационном моделировании работы высокоточных бортовых радиолокаторов на ЭВМ неизбежно возникают методические ошибки моделирования, связанные с

миграцией элементарных отражателей в соседние элементы разрешения при движении локатора и появлением статистических зависимостей эхо-сигналов отдельных элементарных отражателей.

Предложен способ уменьшения методических ошибок, заключающийся в увеличении количества отражающих элементов подстилающей поверхности в каждом отдельном элементе разрешения. При этом возникающие статистические зависимости эхо-сигналов отражателей, которые появляются при увеличении количества отражателей и уменьшении пространственных расстояний между ними, можно учесть при использовании математической модели отражений в виде нестационарного стохастического трехмерного поля, которое, в свою очередь, можно представить в виде последовательности стохастических матриц.

При синтезе алгоритмов моделирования последовательности матриц можно использовать как прямой метод вычисления условных многомерных плотностей распределения, позволяющий учитывать практически все особенности корреляционно-спектральных зависимостей, так и метод нелинейных формирующих фильтров, учитывающий основные особенности распределений. Если ограничиться упрощенными видами корреляционных зависимостей, учитывающих лишь ширину спектра флуктуаций отраженных сигналов, то возможно значительное ускорение процесса моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ненашев В.А., Шенета А.П. Система сжатия ФМ импульса в задачах высокоточного картографирования. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов // Наука и образование. – 2014. – № 10 (65). – С. 14.
2. Ненашев В.А., Шенета А.П. Моделирование алгоритма сжатия ЛЧМ импульса в задачах высокоточного картографирования. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов // Наука и образование. – 2014. – № 11 (66). – С. 88.
3. Подопрёкин Ю.Ф., Ненашев В.А., Шенета А.П. Способ фронтального синтезирования апертуры антенны земной поверхности с исключением слепых зон в передней зоне с помощью многопозиционной радиолокационной системы. – Патент на изобретение №2560082. Приоритет изобретения 09.01.2014 г.
4. Изранцев В.В., Шенета Д.А. Моделирование внешних сигналов бортовых приборных комплексов летательных аппаратов пятого поколения // Научное приборостроение. – 2000. – Т. 10. – № 2. – С. 14–19.
5. Ненашев В.А., Сенцов А.А., Куюмчев Г.В. Моделирование процесса формирования радиолокационного изображения высокого разрешения в бортовых РЛС // Вопросы радиоэлектроники. – 2013. – Т. 2. – № 3. – С. 48–56.
6. Шенета Д.А. Разработка математических моделей и синтез алгоритмов моделирования входных сигналов бортовых систем обработки информации и управления. – Автореферат диссертации на соискание уч. степени канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2000.
7. Shepeta A.P., Nenashev V.A. Modeling Algorithm For Sar Image Based On Fluctuations Of Echo Signal Of The Earth's Surface. Progress in Biomedical Optics and Imaging, 2015.. v. 9642. p. 2194569.
8. Шенета А.П. Синтез нелинейных формирующих фильтров для моделирования входных сигналов локационных систем. – Тр. междунаrod. науч.-техн. конф. (доклады), 1994, май. – Киев: АН Украины, НПО «Квант». – 1994. – Вып. 1. – С. 81–85.
9. Сесин А.Е., Шенета Д.А. Математическая модель эхо-сигналов морской поверхности, наблюдаемых бортовыми локаторами летательных аппаратов // Информационно-управляющие системы. – 2010. – № 2. – С. 21–25.
10. Подопрёкин Ю.Ф., Исаков В.И., Шенета Д.А. Марковская модель флуктуаций амплитуд и длительностей эхо-сигналов крупных надводных объектов // Морской вестник. – 2016. – № 3 (59). – С. 49–50 ■

В работах [1–4] приводится иерархический метод синтеза двухуровневых законов управления, определяющих позиционирование подвижных динамических объектов (ПДО) или его стабилизацию на заданной траектории. На первом (верхнем) уровне формируется обобщенный вектор управляющих сил и моментов, действующий на ПДО при его стабилизации в пространстве и обеспечивающий требуемое качество стабилизации. На втором (нижнем) уровне решаются задачи распределения обобщенного вектора управляющих сил и моментов по исполнительным органам. Предполагается, что число исполнительных органов, их расположение и направления векторов действия их сил позволяют реализовать вектор управления и, соответственно, решить задачи стабилизации ПДО на заданной траектории.

Задача распределения ресурсов управления по исполнительным органам (задача управления нижнего уровня) достаточно подробно рассмотрена в [1–4].

В настоящей статье рассматривается задача синтеза устойчивого по Ляпунову обобщенного вектора управления (закона управления верхнего уровня).

Классическим подходом к синтезу законов управления такими многомерными системами является линеаризация уравнений динамики ПДО и кинематических уравнений связи систем координат относительно установившихся режимов движения, получение матричной передаточной функции объекта управления и последующее использование матричных стабилизирующих полиномов или применение методов линейного синтеза с использованием квадратичных функционалов.

Следует отметить, что такая линеаризация для матрицы кинематических связей не всегда возможна при значительных изменениях угловых координат, что имеет место, например, в процессе пространственного динамического позиционирования или пространственной стабилизации на траектории.

Обеспечить устойчивое управление в широком диапазоне изменения угловых координат возможно с использованием нелинейных законов управления, синтез которых обычно осуществляется с помощью метода функций Ляпунова [2–4]. Там же приводятся две формы весьма распространенного представления динамики и кинематики ПДО (в связанной и неподвижной системах координат). Существенные результаты в этом направлении получены Т. Фоссеном [5] для других задач.

В данной работе предлагается метод синтеза нелинейных законов управления объектом, динамика которого задана в связанной системе координат (законы управления верхнего уровня). Синтез осуществляется также прямым методом Ляпунова, что обеспечивает устойчивое позиционирование или стабилизацию движения ПДО на заданной прямолинейной траектории в пространстве. Показывается, что управляемое движение ПДО в связанной системе координат в этом случае описывается линейной системой уравнений, включающей параметры регулятора, что легко позволяет определить параметры закона управления методами линейного синтеза, например, методами модального синтеза. Подход иллюстрируется примером синтеза законов управления верхнего уровня для системы стабилизации движения объекта на заданном курсе и системы динамического позиционирования ПДО.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предполагается, что при решении задачи стабилизации рассматриваются линейные перемещения ПДО в неподвижной системе координат $0\xi\eta\zeta$ (ξ – координата центра масс ПДО по широте, η – по глубине (высоте), ζ – по долготе)

УСТОЙЧИВЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С ЗАДАНЫМ ВРЕМЕНЕМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

С.К. Воловдов, канд. техн. наук, доцент СПбГМТУ,

А.В. Смольников, канд. техн. наук, нач. отдела АО «Концерн НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 643 1831

и углы ориентации (углы Эйлера–Крылова) φ, θ, ψ (рыскание, крен и дифферент соответственно). Проекция этих перемещений в связанной с ПДО системой координат $0xuz$ (оси которой являются центральными осями инерции ПДО) обозначаются как x, y, z , а углы вращения относительно этих осей как $\varphi_1, \theta_1, \psi_1$.

Динамика ПДО обычно описывается уравнениями в связанной системе координат и кинематическими уравнениями связи, вида [3–5]

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + g(\lambda) + F_u = 0; \quad (1)$$

где $v^T = (v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z)$ – обобщенный вектор линейной и угловой скорости ПДО в связанной системе координат; $\eta_1^T = (\xi, \eta, \zeta, \varphi, \theta, \psi)$ – обобщенный вектор линейных и угловых перемещений ПДО в неподвижной системе координат; $\lambda = (\varphi, \theta, \psi)^T$ – вектор углов Эйлера–Крылова ПДО; M – положительная диагональная или положительно определенная матрица масс и моментов инерции (с учетом присоединенных масс жидкости для гидродинамических объектов) относительно соответствующих осей и форм движения ПДО; $C(v)$ – матрица Кориолисовых и центробежных сил, обычно кососимметрическая; силы $M\dot{v} + C(v)v$ обычно определяются с помощью уравнений Лагранжа второго рода; $D(v)$ – демпфирующая матрица аэро и гидродинамических сил и моментов сопротивления; $F_u = (F_{ux}, F_{uy}, F_{uz}, M_{ux}, M_{uy}, M_{uz})^T$ – вектор управляющих сил и моментов, ограниченный, в общем случае, по абсолютному значению; $g(\lambda)$ – вектор сил и моментов, вызванных силами веса и водоизмещения (плавучести для гидродинамических объектов):

$$g(\lambda)^T = [(Q-G)\sin\psi, (Q-G)\cos\psi\cos\theta, -(Q-G)\cos\psi\sin\theta, -Q(z_0\cos\psi\cos\theta + y_0\cos\psi\sin\theta), Q(x_0\cos\psi\cos\theta - y_0\sin\psi), Q(x_0\cos\psi\sin\theta + z_0\sin\psi)], \quad (2)$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты точки приложения силы водоизмещения и веса в связанной системе координат.

Возможная матрица кинематических связей (в углах Эйлера) $J(\lambda)$ для указанных систем координат имеет следующий вид [1–4]:

$$J(\lambda) = \begin{bmatrix} R & 0 \\ 0 & S \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где

$$R = \begin{bmatrix} \cos\varphi\cos\psi & \sin\theta\sin\varphi - \cos\theta\cos\varphi\sin\psi & \cos\theta\sin\varphi + \sin\theta\cos\varphi\sin\psi \\ \sin\psi & \cos\theta\cos\psi & -\sin\theta\cos\psi \\ -\sin\varphi\cos\psi & \sin\theta\cos\varphi + \cos\theta\sin\varphi\sin\psi & \cos\theta\cos\varphi - \sin\theta\sin\varphi\sin\psi \end{bmatrix};$$

$$S = \begin{bmatrix} 1 & -\cos\theta\operatorname{tg}\psi & \sin\theta\operatorname{tg}\psi \\ 0 & \frac{\cos\theta}{\cos\psi} & -\frac{\sin\theta}{\cos\psi} \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}.$$

Задача стабилизации ПДО заключается в синтезе и реализации вектора управляющих сил и моментов F_u , обеспечивающего устойчивую стабилизацию ПДО на некоторой

прямолинейной траектории или вектора положения ПДО в неподвижной системе с заданными значениями постоянных параметров траектории $\eta_{ld} = (t, \xi_d, \eta_d, \zeta_d, \theta_d, \varphi_d, \psi_d)$ и соответствующего им вектора скоростей $\dot{\eta}_{ld} = 0, v_d = 0$ (скорость изменения координат по окончании переходного процесса), и реализации этих сил и моментов с помощью исполнительных органов ПДО.

СИНТЕЗ УСТОЙЧИВОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИЙ ЛЯПУНОВА

Предполагается, что все текущие координаты в законах управления измеряются без ошибок.

В соответствие с [1–4] метод синтеза системы управления состоит из двух этапов. На первом этапе с помощью функции Ляпунова осуществляется синтез обобщенного устойчивого управления (формирование обобщенного вектора сил и моментов $F_u = (F_{ux}, \dots, F_{uz})^T$, компенсирующего отклонения объекта по регулируемым координатам. Уравнения (1) запишем в виде

$$M\dot{v} = -(C(v)v + D(v)v + g(\lambda) + F_u), \quad (4)$$

$$\dot{\eta}_l = J(\lambda)v.$$

Введем отклонения параметров стабилизации:

– по скорости в связанной системе координат:

$$\Delta v = v - v_d, \quad v_d = 0. \quad (5)$$

– по положению в неподвижной системе координат:

$$\Delta \eta = \eta_l - \eta_{ld}, \quad \eta_{ld} = 0; \quad \Delta \eta = J(\lambda)\Delta x, \quad (6)$$

где $\Delta x = J^{-1}(\lambda)\Delta \eta = J^T(\lambda)\Delta \eta$ – пересчитанные в связанную систему отклонения $\Delta \eta$.

Сформируем на заданных отклонениях (5, 6) функцию Ляпунова вида

$$V = 0,5(\Delta v^T M \Delta v + \Delta \eta^T L \Delta \eta), \quad (7)$$

где L – положительная диагональная (или положительно определенная) матрица.

Для асимптотической (абсолютной) устойчивости в данном случае достаточно отрицательности производной функции Ляпунова по времени

$$\frac{dV}{dt} \leq 0. \quad (8)$$

Рассмотрим условие отрицательности производной функции Ляпунова

$$\frac{dV}{dt} = \Delta v^T M \dot{\Delta v} + \Delta \eta^T L \dot{\Delta \eta} =$$

$$\Delta v^T (M\dot{v}) + \Delta \dot{\eta}^T L \Delta \eta = \quad (9)$$

$$\Delta v^T (-C(v)v - D(v)v - g(\lambda) - F_u) + (J(\lambda)\Delta v)^T L \Delta \eta =$$

$$= \Delta v^T (-C(v)v - D(v)v - g(\lambda) - F_u) + \Delta v^T J^T(\lambda) L \Delta \eta$$

или

$$\frac{dV}{dt} = \Delta v^T (-C(v)v - D(v)v - g(\lambda) - F_u) + L J^T(\lambda) \Delta \eta. \quad (10)$$

Если принять

$$F_u = -(C(v)v + D(v)v + g(\lambda)) + N \Delta v + L J^T(\lambda) \Delta \eta, \quad (11)$$

где $N = M K_0, L = M K_1$ – диагональные, положительно определенные в общем случае матрицы, тогда функция $\frac{dV}{dt}$ примет вид

$$\frac{dV}{dt} = \Delta v^T (-N \Delta v - L J(\lambda) \Delta \eta) + \Delta v^T L J(\lambda) \Delta \eta = -\Delta v^T N \Delta v, \quad (12)$$

т.е. будет отрицательно определенной.

Таким образом, алгоритм управления (11) состоит из трех частей:

– компенсационной: $-(C(v)v + D(v)v + g(\lambda))$, которая компенсирует нелинейные составляющие вектора правых частей (4);

– демпфирующей: Nv ;

– пропорциональной: $LJ(\lambda)\Delta \eta$, компенсирующей отклонения в неподвижной системе, пересчитанные к отклонени-

ям в связанной системе координат как по линейным, так и по угловым координатам $\Delta x = J^T(\lambda)\Delta \eta$:

$$\Delta x = [\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \theta, \Delta \phi, \Delta \psi]^T,$$

$$\text{причем } \dot{\Delta x} = v = [v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z]^T. \quad (13)$$

Если полученное управление (11) подставить в исходные уравнения динамики (4), то получим следующие уравнения устойчивого управляемого движения ПДО:

$$\dot{v} = -M^{-1}Nv - M^{-1}LJ^T(\lambda)\Delta \eta;$$

$$\Delta \dot{\eta} = J(\lambda)v;$$

$$J^T(\lambda)\Delta \eta = \Delta x,$$

где Δx – вектор отклонения ПДО в связанной системе коор-

динат, причем $\dot{\Delta x} = v$ и, соответственно, $\Delta x = \int_0^t v(\tau) d\tau$.

Тогда (14) можно представить в виде

$$\dot{v} = -K_0 v - K_1 \Delta x;$$

$$\dot{\Delta x} = v, \quad (15)$$

где $K_0 = \text{diag}\{k_{0i}\}, K_1 = \text{diag}\{k_{1i}\}$ – диагональные матрицы, определяющие время переходного процесса.

Таким образом, управляемая система (15), описывающая динамику объекта в связанной системе координат, линейна и устойчива, а выбором элементов матриц K_0, K_1 можно достичь требуемого качества процессов. Причем вид закона управления является общим для любых объектов, что позволяет называть закон управления (11) универсальным. Пересчет местоположения объекта в неподвижную систему координат может представлять трудности для особых режимов движения, например, при $\psi = n\frac{\pi}{2}$, когда матрица $J(y)$ становится особенной, что является недостатком кинематики, основанной на применении углов Эйлера. В этих случаях обычно предлагается использовать кватернионы, в частности, параметры Родрига–Гамильтона.

В дальнейшем вектор управляющих сил и моментов (11) распределяется по исполнительным органам [2–4].

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим задачу позиционирования бурового судна в горизонтальной плоскости, а именно, управление вращательным движением относительно оси ou и поступательным относительно заданной точки позиционирования ξ_0, ζ_0 . Схема расположения тяг исполнительных устройств [6] приведена на рис. 1. На рис. 2 приведены системы координат, в которых описываются динамика и кинематика судна.

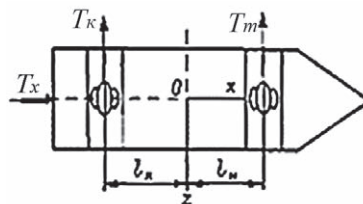


Рис. 1. Схема расположения тяг исполнительных устройств

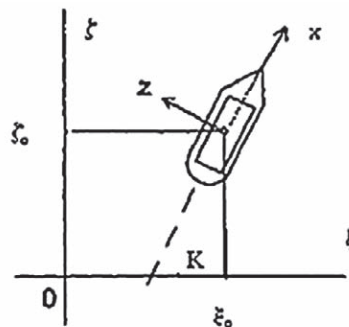


Рис. 2. Системы координат бурового судна

Модель динамики бурового судна на плоскости имеет вид:

$$\begin{aligned}\dot{v}_x &= m_x^{-1}[F_x^h - m_z v_z \omega_y + m_y v_y \omega_z + F_{ux}]; \quad F_{ux} = T_x; \\ \dot{v}_z &= m_z^{-1}[F_z^h - m_y v_y \omega_x + m_x v_x \omega_y + F_{uz}]; \quad F_{uz} = T_k + T_n; \\ \dot{\omega}_y &= J_y^{-1}(M_y^n - v_x v_z (m_y - m_u) + M_{uy}); \quad \dot{\phi} = \omega_y; M_{uy} = T_k l_k + T_n l_n.\end{aligned} \quad (16)$$

На первом этапе на основании (11), (15) вычисляются требуемые силы и моменты M_y, F_{uz}, F_{ux} . Затем из уравнений

$$F_{ux} = T_x, F_{uz} = T_k + T_n, M_y = T_k l_k + T_n l_n \quad (17)$$

определяются требуемые тяги.

Законы управления позиционированием в соответствии с (11), (15) имеют вид

$$\begin{aligned}M_{uy} &= -M_y^h + v_z v_x (m_x - m_z) + J_y [-k_{01} \Delta \phi - k_{11} \omega_y]; \\ F_{uz} &= [-F_z^h + (m_y v_y \omega_x - m_x v_x \omega_y) + m_z [k_{03} v_z + k_{14} \Delta z]] = \\ &= -F_z^h + (m_y v_y \omega_x - m_x v_x \omega_y) + m_z [k_{03} v_z + k_{14} \Delta z]; \\ F_{ux} &= [-F_x^h (m_z v_z \omega_y - m_y v_y \omega_z) + m_x [k_{05} v_x + k_{16} \Delta x]] = \\ &= -F_x^h - (m_z v_z \omega_y - m_y v_y \omega_z) + m_x [k_{05} v_x + k_{16} \Delta x]; \\ \Delta \dot{z} &= v_z, \quad \Delta \dot{x} = v_x,\end{aligned} \quad (18)$$

где F^h – гидродинамические силы.

На рис. 3 приведены графики переходных процессов при изменении курса на $\pi/4$ без ограничений на управляющий момент M/J_y . Максимальное значение относительного момента в этом случае $M_{y\max}/J_y = 0,2$ Нм/кгм² (в начальный момент времени). На рис. 3 обозначены: $x1 = \phi$ – рыскание, $x2 = \omega_y$ – угловая скорость рыскания, K – текущий курс, M/J_y – относительный управляющий момент.

Подстановка (18) в (16) приводит к следующим уравнениям управляемого движения:

$$\begin{aligned}\dot{\omega}_y &= k_{01} \Delta \phi + k_{11} \omega_y; \quad \Delta \dot{\phi} = \omega_y; \\ \dot{v}_x &= k_{05} v_x + k_{16} \Delta x; \quad \Delta \dot{x} = v_x; \\ \dot{v}_z &= k_{03} v_z + k_{14} \Delta z; \quad \Delta \dot{z} = v_z.\end{aligned} \quad (19)$$

Пересчет к перемещениям в неподвижной системе координат осуществляется по формулам

$$\begin{aligned}\Delta \dot{\xi} &= v_x \cos K - v_z \sin K; \\ \Delta \dot{\zeta} &= v_x \sin K - v_z \cos K.\end{aligned} \quad (20)$$

Отклонения судна в неподвижной системе (измеряются с помощью глобальных спутниковых систем):

$$\begin{aligned}\Delta \dot{\xi} &= \Delta x \cos K - \Delta z \sin K; \quad \Delta \dot{\xi} = v_x \cos K - v_z \sin K; \\ \Delta \dot{\zeta} &= \Delta x \sin K + \Delta z \cos K; \quad \Delta \dot{\zeta} = v_x \sin K - v_z \cos K.\end{aligned} \quad (21)$$

Эти отклонения и их скорости пересчитываются к отклонениям в связанной системе по формулам

$$\begin{aligned}\Delta x &= \Delta \xi \cos K + \Delta \zeta \sin K; \quad \Delta \dot{x} = \Delta \dot{\xi} \cos K + \Delta \dot{\zeta} \sin K; \\ \Delta z &= \Delta \xi \sin K - \Delta \zeta \cos K; \quad \Delta \dot{z} = -\Delta \dot{\xi} \sin K + \Delta \dot{\zeta} \cos K.\end{aligned} \quad (22)$$

После подстановки (22) в (21) получим $\Delta \dot{x} = v_x, \Delta \dot{z} = v_z$.

Выбор коэффициентов k_{01}, k_{11} для M_{uy} , k_{05}, k_{16} для F_{ux} и k_{03}, k_{14} для F_{uz} определяется заданным временем переходных процессов t_p . Так, для $t_p = 20$ с значения коэффициентов принимались $k_{11} = k_{14} = k_{16} = k_{11} = 0,04$, $k_{01} = k_{03} = k_{05} = k_{01} = 0,4$.

Графики переходных процессов отработки начального отклонения по осям $0\xi = 0\zeta = 2$ м при $K = \pi/4$ приведены на рис. 4. Начальные отклонения в связанной системе координат при этом составляют $\Delta x = x2 = 2,8284$, $\Delta z = x4 = 0$.

Графики отработки начального рассогласования строились по оси $0x$ ($x2$), по оси $0z$ ($x4$) в связанной системе; по оси 0ξ (dx), по оси 0ζ (dz) в неподвижной системе совпадающей и управляющего воздействия $F1 = \frac{F_{ux}}{m_x}$ вдоль оси $0x$. Проведенное моделирование показало высокую эффективность предложенных алгоритмов.

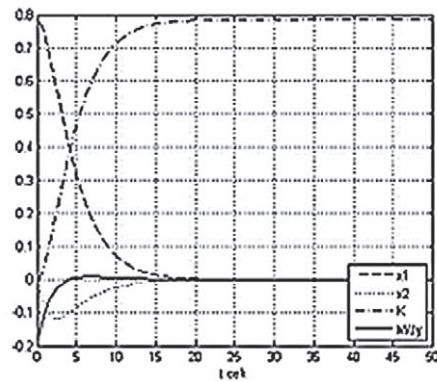


Рис. 3. Графики переходных процессов при переходе на новый курс $K_0 = \pi/4$

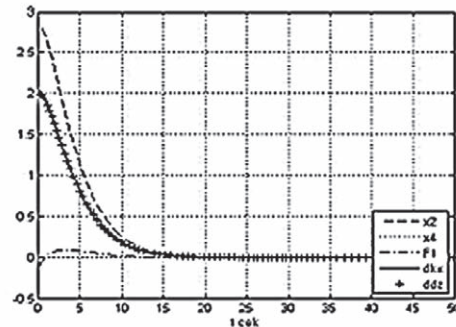


Рис. 4. Графики переходных процессов при отработке начального рассогласования по осям $0\xi = 0\zeta = 2$ м при $K = \pi/4$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен способ построения системы управления движением подвижного динамического объекта, обеспечивающий экспоненциально-устойчивые режимы стабилизации объекта относительно заданных параметров движения.

2. Показано, что приведенные алгоритмы приводят к одинаковым переходным процессам независимо от инерционных характеристик объектов, т. е. являются универсальными при условии, что исполнительные органы могут реализовать требуемые силы и моменты управления. Алгоритмы показали хорошую устойчивую работу даже при наличии существенных ограничений на управления, создаваемые исполнительными органами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Volovodov S.K. Hierarhical Principle of Construction of Spatial Dynamic Positioning (DP) Systems of Sea Mobile Objects (SMO) // Тр. конфер. по динамическому позиционированию DP MTS Conference 2005, Хьюстон, Техас, США, 2005. – www.dynamic-positioning.com.
2. Воловодов С.К., Смольников А.В., Каверинский А.Ю. Особенности решения задачи распределения управления при пространственном позиционировании некоторых морских подвижных объектов // Гирскопия и навигация. – 2005. – № 1 (48) – С. 43–56.
3. Смольников А.В. Синтез экспоненциально устойчивых систем динамического позиционирования // Морской вестник – 2007 – № 4 (7) – С. 108–113.
4. Смольников А.В. Обобщенный алгоритм пространственной стабилизации МПО // Морской вестник – 2008 – № 2 (26) – С. 79–85.
5. Fossen T.I. Guidance and Control of Ocean Vehicles. – Wiley. Chichester – 1994 – P. 480.
6. Лукомский Ю.А., Чугунов В.С. Системы управления морскими подвижными объектами. – Л.: Судостроение, 1988. ■

В рамках решения ВМФ задачи создания условий для безопасной морской экономической деятельности и реализации положений энергетической политики Российской Федерации АО «ГНИНГИ» выполнен ряд работ по отдельным проектам освоения морских нефтегазовых месторождений, развития морской системы транспортировки углеводородов, в частности обеспечения навигационной безопасности плавания на подходах и акваториях морских терминалов, перегрузочных комплексов портов.

Важное значение для выполнения этих работ имеет использование технических средств обследования морского дна и съемки рельефа. В связи с актуальностью вопроса достижения новых показателей в сфере совершенствования системы навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) безопасности и обороноспособности РФ в АО «ГНИНГИ» ведутся системные исследования определения путей развития новых и совершенствования существующих методов и технических средств обследования морского дна, съемки рельефа и грунта, разрабатываются предложения по путям их использования.

Исследованиями [1, 2] выявлено, что до настоящего времени съемки рельефа дна в нашей стране как в интересах ВМФ, так и других субъектов морской деятельности РФ в большинстве случаев выполняются по действующим отечественным стандартам. Анализ гидрографических исследований рельефа и грунта дна Мирового океана в интересах ВМФ показал, что основной целью таких исследований является подготовка океанских и морских театров военных действий для решения задач НГО боевой и повседневной деятельности ВМФ, результаты гидрографических работ используются для планирования и выполнения минных постановок, противоминных действий, десантных операций и т. п. Однако существующий в Гидрографической службе ВМФ уровень развития технических средств обследования и изучения рельефа (грунтовой съемки дна) не в состоянии в полной мере удовлетворить возрастающие требования к НГО применения сил и использования средств флотов, это возможно за счет применения новых современных технических средств, использования перспективных автоматизированных технологий съемки, обработки, представления и доведения до потребителей гидрографической информации.

В то же время членство России в Международной гидрографической организации (МГО), развитие технических средств гидрографических исследований и навигации, их автоматизация, расширение круга организаций, исполь-

О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ И СЪЕМКИ МОРСКОГО РЕЛЬЕФА ДНА

А.Ф. Зеньков, ген. директор,
Н.Н. Неронов, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,
А.М. Шарков, канд. техн. наук, доцент, начальник управления,
Ю.Н. Балесный, зам. начальника отдела,
АО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 322 2113

зующих гидрографическую продукцию, повышение требований к ее качеству потребовали приведения указанных стандартов к международному уровню. В соответствии с положениями международных стандартов, принятых МГО, при выполнении этих работ должен соблюдаться ряд условий, невыполнение хотя бы одного из них делает полученные материалы непригодными к картосоставлению.

Наибольшее внимание в этих стандартах уделяется требованиям к точности измерений, контролю качества съемки, а также особенностям использования средств площадного обследования. При этом использование материалов, не соответствующих требованиям международных стандартов, для обеспечения навигационной безопасности плавания судов в настоящее время исключено.

Современные требования к точности и дискретности съемки рельефа дна представлены в стандарте S-44 «Съемка рельефа морского дна» МГО, членом которой является в том числе и Россия [3] (табл. 1).

Действующим отечественным документом, регламентирующим процесс выполнения гидрографических работ, являются Правила гидрографической службы № 4 (ПГС-4), в которых в отличие от стандарта МГО не только приведены требования к точности, но и рассмотрены методы выполнения гидрографических работ [4].

В исследованиях, выполненных АО «ГНИНГИ» в последние годы [5], обобщены методы и оптимальный состав технических средств, позволяющих выполнить работы с точностями, удовлетворяющими требованиям МГО. В частности, в районах важнейших фарватеров, мест стоянок судов, гаваней с минимально безопасным расстоянием под килем съемка производится с помощью многоканальных и многолучевых эхолотов с высокой разрешающей

способностью (необходимо обеспечить 100%-ное эхолотирование дна). Допускается дискретная съемка с минимальными межгалсовыми расстояниями, но с обязательным обследованием их с помощью эхографов бокового обзора. При этом должно быть гарантировано выявление объектов на дне размерами по высоте и горизонту 1×1 м. В районах, где возможны опасности меньших размеров, необходимо совместное использование многолучевых эхолотов (МЛЭ) и гидролокаторов бокового обзора (ГЭБО). Для фарватеров, рекомендованных курсов, гаваней и подходов к ним в районах с максимальной глубиной менее 100 м 100%-ное эхолотирование необходимо только в том случае, если характер рельефа дна свидетельствует о потенциальной опасности для мореплавания. При этом должно обеспечиваться обнаружение объектов на дне размерами по высоте и горизонту 2×2 м при глубинах не более 40 м и аномалий на 10% меньше окружающих глубин (при глубинах более 40 м).

В настоящее время для технологической области средств съемки рельефа дна задействованы следующие технологические платформы (технологические направления):

- однолучевая эхолокация (платформа А);
- полосовая эхолокация (платформа Б);
- дистанционное зондирование (ДЗ) и сканирование (платформа В).

В ближайшей перспективе можно прогнозировать развитие еще двух технологических платформ (технологических направлений):

- эхолокация на основе фазовых измерений и антенн с синтезированной апертурой (платформа Г);
- роботизированная съемка на основе подводных геодезических сетей (платформа Д).

Наиболее активно развиваются средства съемки рельефа дна, находя-

Основные требования стандарта S-44 МГО к съемке рельефа морского дна

Положение	Требования			
Класс	Особый	1а	1б	2
Описание района	Районы, в которых глубина под килем чрезвычайно критична	Районы с глубинами менее 100 м, в которых глубина под килем менее критична, но могут присутствовать объекты, представляющие опасность для надводного судоходства	Районы с глубинами менее 100 м, в которых глубина под килем не считается критической для тех судов, которые, вероятно, будут проходить через данный район	Районы с глубинами, в общем, более 100 м, для которых считается достаточным общее описание дна моря
Макс. допустимая полная неопределенность в горизонтальной плоскости при 95%-ном доверительном уровне, м	2	5 + 5% от глубины	5 + 5% от глубины	20 + 10% от глубины
Макс. допустимая полная неопределенность по вертикали при 5%-ном доверительном уровне	$a = 0,25$ м $b = 0,0075$	$a = 0,5$ м $b = 0,013$	$a = 0,5$ м $b = 0,013$	$a = 1,0$ м $b = 0,023$
Полное обследование дна моря	Требуется	Требуется	Не требуется	Не требуется
Обнаружение объектов	Кубические объекты с ребром > 1 м	Куб. объекты с ребром > 2 м на глубинах до 40 м, 10% от глубины свыше 40 м	Неприменимо	Неприменимо
Рекомендуется макс. междугалсовое расстояние	Не определяется, так как требуется полное обследование дна моря	Не определяется, так как требуется полное обследование дна моря	Три средние глубины или 25 м (в зависимости от того, что больше) Для батиметрического лидара расстояние между точками облучения на дне 5×5 м	Четыре средние глубины
Определение местоположения СНО и элементов рельефа, важных для навигации при 95%-ном доверительном уровне, м	2	2	2	5
Определение местоположения береговой линии и элементов рельефа, менее важных для навигации при 95%-ном доверительном уровне, м	10	20	20	20
Среднее местоположение плавучих СНО при 95%-ном доверительном уровне, м	10	10	10	20

щиеся в рамках технологической платформы Б.

Развитие средств съемки аппроксимируемых, как инновационные процессы кривой Гомперца (вида $y = L \cdot e^{-be^{-bx}}$) [6], показано на рис. 1.

Анализ зарубежных и отечественных технических средств съемки рельефа и обследования морского дна показал следующее:

- в настоящее время среди зарубежных автоматизированных гидрографических средств и систем преобладают многоканальные и многолучевые комплексы (системы), в которых измерение глубин осуществляется в широкой полосе по ходу движения судна как в мелководных, так и глубоководных районах. Для составления детальных карт морского дна с высокой достоверностью в состав комплексов входят средства вычислительной техники, накопители информации и ряд периферийных устройств, с помощью которых в процессе съемки наглядно отображаются данные о рельефе дна, ведутся контроль и управление съемкой, а также регистрация информации в цифровом виде;

- в РФ развитие гидрографических средств и систем (комплексов) осуществляется в основном на уровне создания экспериментальных образцов. В настоящее время Гидрографическая служба ВМФ фактически не имеет ни одного

гидрографического судна, оснащенного серийно выпускаемым автоматизированным комплексом сбора и обработки гидрографической информации;

- создание отечественных средств изучения Мирового океана в рамках Государственного оборонного заказа практически остановлено. Единичные образцы создаются предприятиями промышленности РФ в результате инициативных разработок, однако они не адаптированы под потребности ВМФ, ориентированы на решение узких задач и не в состоянии заменить весь ряд зарубеж-

ных технических средств (ТС);

- оснащение судов гидрографической службы новыми ТС в последние годы велось за счет закупки зарубежных образцов. Однако в условиях ограничений на поставку в РФ высокотехнологичного оборудования, введенного рядом зарубежных государств, в настоящее время новые закупки не делаются. Учитывая, что современные ТС быстро устаревают, в скором времени потребуются принятие значительных усилий для того, чтобы не допустить отставания от ведущих зарубежных стран в оснаще-

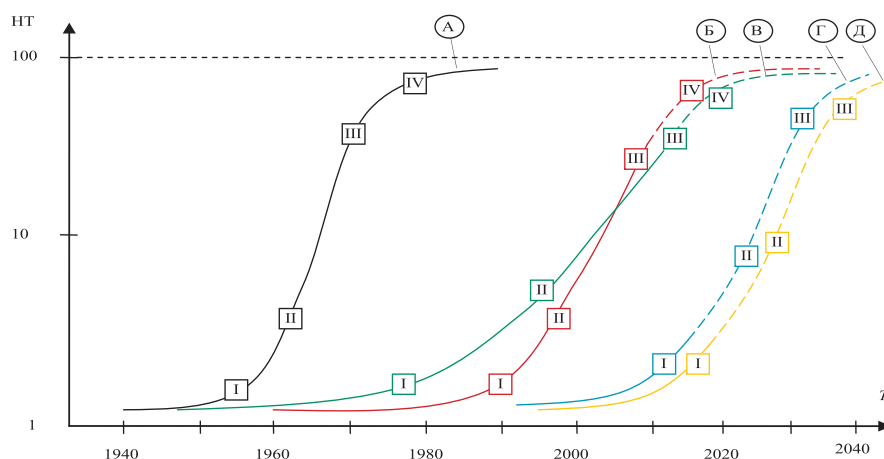


Рис. 1. Кривые роста технологических платформ съемки рельефа дна. По оси абсцисс приведена оценка научно-технического уровня (НТУ) платформ, а по оси ординат – годы

Концептуальные основы формирования технической политики в области создания и использования средств гидрографии

Исходные данные	Принципиальные направления исследований	Методическое обеспечение
Задачи подсистемы съемки ППС Мирового океана. Варианты решения задач	Анализ современного состояния средств гидрографии, определение тенденций, закономерностей и факторов их развития	Аналитический и прогнозный подход
Результаты прогноза развития отечественных и зарубежных средств гидрографии	Анализ степени удовлетворения потребностей в средствах гидрографии для выполнения исследований	
Данные о состоянии и тенденциях развития, хода выполнения ГОЗ по созданию средств гидрографии	Выявление проблемных вопросов развития и использования средств гидрографии	Аналитический и прогнозный подход
Результаты анализа существующих возможностей промышленности по созданию средств гидрографии	Оценка тенденций, закономерностей и совокупности факторов развития и использования средств гидрографии	
Анализ существующих возможностей ГС ВМФ по использованию перспективных средств гидрографии	Исследование характера функционирования системы НГО ВМФ на рассматриваемый период времени	Количественные и качественные оценки
ТТХ ТС изучения Мирового океана, технологии их применения	Разработка вариантов развития и использования средств гидрографии	
	Разработка новых методов выполнения гидрографических исследований	Конкретные методы обоснования (логическое моделирование, экспертная оценка, математическое моделирование и т.п.)

нии отечественной гидрографической службы современными ТС.

Анализ проблемных аспектов разработки способов и технических средств военной гидрографии с учетом задач и требований ВМФ к гидрографической информации показал, что при создании новых и совершенствовании существующих ТС съемки рельефа и обследования дна, основные усилия должны быть направлены на следующее:

- повышение точности измерения глубин, в том числе путем получения достоверных поправок к ним;
- повышение достоверности определения глубин (повышение достоверности съемки дна акватории), восстановление рельефа дна по измеренным глубинам;
- повышение информативности при картосоставлении;
- расширение функциональных возможностей способов определения глубин акватории.

В основу разрабатываемых средств должны быть положены новые конструктивные устройства и способы съемки рельефа дна с дополнительными функциональными операциями.

В основу методологической базы развития ТС могут быть положены концептуальные основы технической политики, разработанные в рамках системных исследований, приведенные в табл. 2.

Информация, получаемая от современных ТС, информативна позволяет детально обследовать дно. На рис. 2 приведен пример получения изображения подводного объекта, сделанного с использованием современных ТС.

Информативность материалов гидрографических работ делает возможным их использование не только для обеспечения безопасности судоходства и обеспечения действий ВМФ, но и для других целей, например, для обеспечения безопасности проектирования и строительства объектов на море.

Одной из тенденций использования ТС и технологий выполнения гидрографических работ в настоящее время является применение их в смежных областях морской деятельности, в частности, таких, как демпфирование рисков, обусловленных опасностями техногенного происхождения (ОТП).

Комплексный анализ ОТП в рай-

онах обустройства объектов морских нефтегазовых месторождений в морях Арктики показывает, что степень риска в процессе деятельности по освоению углеводородных ресурсов шельфа достаточно велика.

С целью обеспечения требуемого уровня безопасности морских объектов при наличии опасных факторов, обусловленных ОТП, проводятся мероприятия по предотвращению и ликвидации последствий от их воздействия при морских инженерно-исследовательских работах в районах строительства морских сооружений, обустройстве объектов морских нефтегазовых месторождений и в районах прохождения трасс морских трубопроводов и подводных кабелей.

В связи с изложенным АО «ГНИНГИ» была разработана и согласована со штабом Балтийского флота «Программа работ по обследованию района строительства терминала по приему, хранению и регазификации сжиженного природного газа (СПГ) в Калининградской области на предмет обнаружения опасностей техногенного происхождения и мероприятий по их ликвидации» (рис. 3).

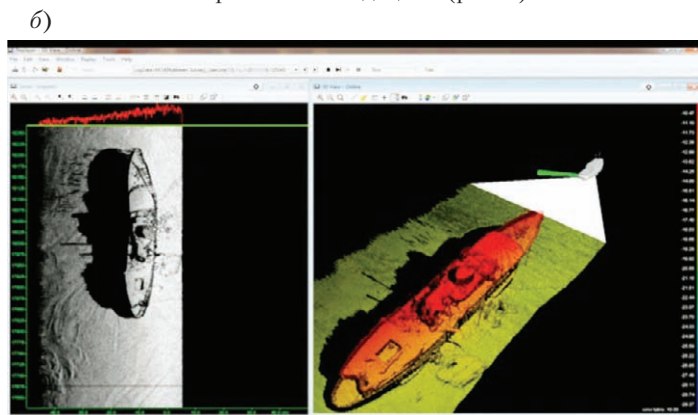
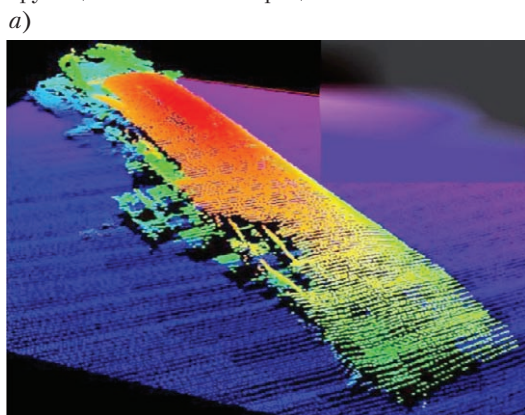


Рис. 2. Примеры получения изображения подводного объекта:
а – с применением многолучевого эхолота; б – с применением гидролокатора бокового обзора

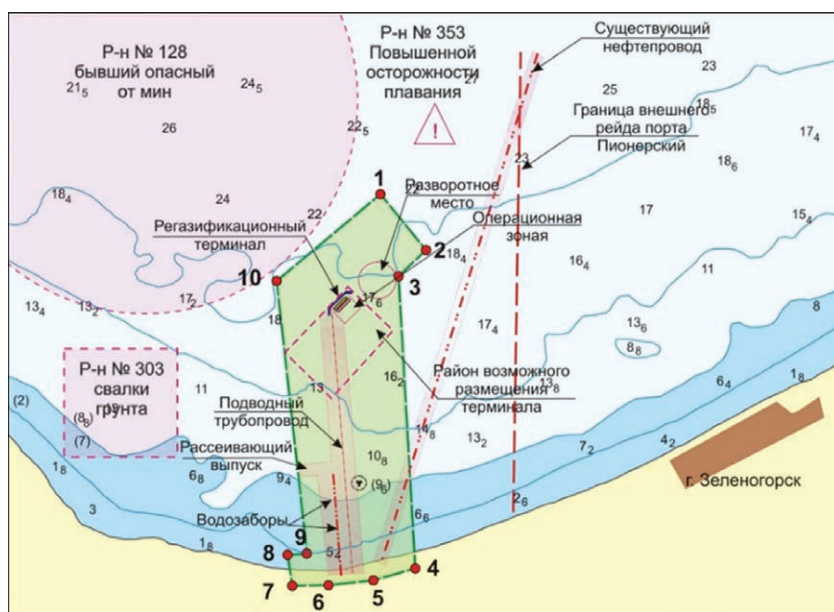


Рис. 3. Программа работ по обследованию района строительства терминала по приему, хранению и регазификации СПГ в Калининградской области на предмет обнаружения ОТП

По данному направлению в соответствии с директивой командующего Тихоокеанским флотом от 5 августа 2009 г. Д-48 в 2016 г. завершены работы по обследованию заданной части района № 98 акватории морского порта Находка на предмет обнаружения ОТП и мероприятий по их ликвидации, использующей технологии гидрографических работ.

Расширение районов возможных действий сил ВМФ и хозяйственной деятельности в Северном Ледовитом океане за счет освоения дна льда значительных акваторий требуют создания новых ТС, способных работать практически полностью автономно в любом районе. Выполненные исследования показывают, что решить данную задачу можно, в том числе, с помощью морских робототехнических комплексов различного назначения.

Дальнейшим развитием использования технологий гидрографических работ в настоящее время является их реализация в качестве одной из мер по реабилитации арктических морей от подводных потенциально опасных объектов [7].

Учитывая актуальность Арктической зоны для РФ в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.» (утверждена Постановлением Правительства РФ от 21 февраля 2008 г. № 103) завершена разработка технического проекта комплексной технологии поиска, идентификации, подъема и передачи на утилизацию подводных потенциально опасных объектов (ППОО).

В результате разработаны меры по реабилитации арктических морей и очистке от подводных потенциально

опасных объектов, основанные на реализации:

- концепции реабилитации арктических морей от ППОО по гидрометеорологическому и навигационно-гидрографическому обеспечению, а также безопасности мореплавания;
- технико-экономического обоснования разработки ТС для поиска и идентификации подводных объектов;
- технического проекта комплексной технологии поиска, идентификации, подъема и передачи на утилизацию ППОО.

Таким образом, на основании результатов выполненных системных исследований можно заключить, что научно-обоснованные технические и технологические решения в области совершенствования средств и методов гидрографии в части обследования подводных объектов, съемки рельефа и определения параметров грунта морского дна в интересах НГО оборонной и экономической морской деятельности РФ в Мировом океане обеспечивает функционирование ВМФ и его системы НГО.

Однако на рассматриваемую перспективу значимость в получении гидрографической информации о характере рельефа и параметрах грунта дна неизмеримо возрастает в связи с ужесточением отечественных и международных требований к объему и качеству информации о полях природной среды Мирового океана и со значительным ростом потребителей этой информации за счет гражданских субъектов морской деятельности.

Для достижения новых показателей в сфере совершенствования системы НГО путем создания отечественных

высокоэффективных средств гидрографии необходимо решить целый комплекс проблем. Это требует проведения масштабного анализа методов выполнения гидрографических работ, характеристик зарубежных и отечественных ТС, в том числе выполнения патентных исследований в интересах получения достаточно исчерпывающих и надежных оценок целесообразности их реализации в современных военно-экономических условия развития и функционирования Гидрографической службы ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарков А. М. Техническая политика в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности на современном этапе. – В кн.: «Подводные технологии и средства освоения мирового океана». – М.: ИД «Оружие и технологии». – 2011. – С. 304–310.
2. Зеньков А. Ф. О приоритетных направлениях развития импортозамещающих средств съемки и обследования морского дна // Навигация и гидрография / ГНИН-ГИ. – 2014. – № 38. – С. 38–47.
3. Стандарты МГО на гидрографические работы. – Монако, 1998. – Спец. публ. – № 44. – 12 с.
4. Правила гидрографической службы № 4. Съемка рельефа дна. – Ч. 2. Требования и методы (ПГС № 4, ч. 2). – Л.: ГУНМО МО, 1984. 67 с.
5. Зеньков А. Ф., Малеев П. И. и др. Состояние и возможные направления развития средств гидрографии ВМФ [Текст]: статья // Морской вестник. – 2015. – № 2 (54). – С. 34–39.
6. Мартино, Дж. Технологическое прогнозирование. Монография. – М.: Прогресс, 1977. – 591 с.
7. «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года». Утв. Президентом РФ 08.02.2013 г. № Пр-232. ■

В конце XX – начале XXI вв. произошел значительный рывок в развитии технических средств навигации и океанографии, способах и технологии их использования. Наличие широкой компьютерной сети, большой базы картографических данных, повышение требований к уровню интеграции обработки пространственных данных, распределенных вычислительных ресурсов сделали актуальным решение фундаментальной проблемы организации выполнения взаимосвязанных программ с соответствующим информационным обеспечением. Эти обстоятельства поставили на повестку дня создание и активное внедрение в практику кораблеводства электронных картографических навигационных систем (ЭКНИС).

Одной из современных и наиболее «продвинутых» отечественных ЭКНИС, несомненно, можно считать систему «Аляска-Ч», предназначенную для информационного обеспечения навигационной безопасности плавания и решения других задач кораблеводства при использовании в составе навигационного комплекса «Чардаш» или для автономного применения на кораблях 1–3 рангов и судах обеспечения ВМФ.

Изделие функционирует при следующих условиях эксплуатации корабля (судна) [2]:

- при скоростях движения корабля на переднем ходу до 60 уз, на заднем ходу – до 5 уз;
- при плавании в любых районах Мирового океана в широтах от 75° ю.ш. до 80° с.ш.;
- рыскании объекта с амплитудой до 15 град. и периодом 10–90 с;
- угловой скорости циркуляции до 12 град./с.

ЭКНИС «Аляска-Ч» разработана АО «Морские навигационные системы» (рис. 1) [3].

В настоящее время с помощью ЭКНИС решаются следующие основные задачи [2]:

- отображение в реальном времени данных, принимаемых от внешних навигационных систем и приборов (НГК «Чардаш», GPS, GLONASS, GPS+GLONASS, LORAN-C, САРП,

ЭКНИС «АЛЯСКА-Ч» – СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА

П.Г. Федоров, зам. ген. директора – директор департамента проектно-конструкторских работ АО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840

- компасы, лаги, эхолоты) и решение на электронной карте основных практических навигационных задач;
- решение задач на расхождение с целями как в относительном движении на планшете, так и в истинном движении на электронной карте;
- решение прямой и обратной геодезических задач, прямой задачи счисления, расчет коэффициента счисления и среднеквадратической погрешности, перевод из географических координат в квазигеографические и обратно.
- расчет освещенности по маршруту и определение поправки гирокомпаса, определение обсервованного места по небесным светилам;
- планирование маршрутов как в графическом виде на электронной карте, так и в табличной форме;
- создание оператором на электронной карте точечных, линейных, площад-

ных и текстовых объектов;

- создание визуализированной таблицы приливов с построением графика для выбранного пункта и отображением основных параметров;
- документирование всех основных навигационных параметров с возможностью последующего воспроизведения пройденного кораблем пути на электронной карте за выбранный интервал времени;
- определение маневренных элементов корабля.

Исходной картографической информацией для ЭКНИС служат наборы данных электронных навигационных карт (ЭНК) в формате S-57 ред. 3 Международной гидрографической организации (МГО), в том числе и зашифрованные по стандарту S-63, ред. 1.1.1. МГО.

ЭКНИС использует ЭНК, поставляемые через АСО ЦКИ ВМФ (рис. 2). В

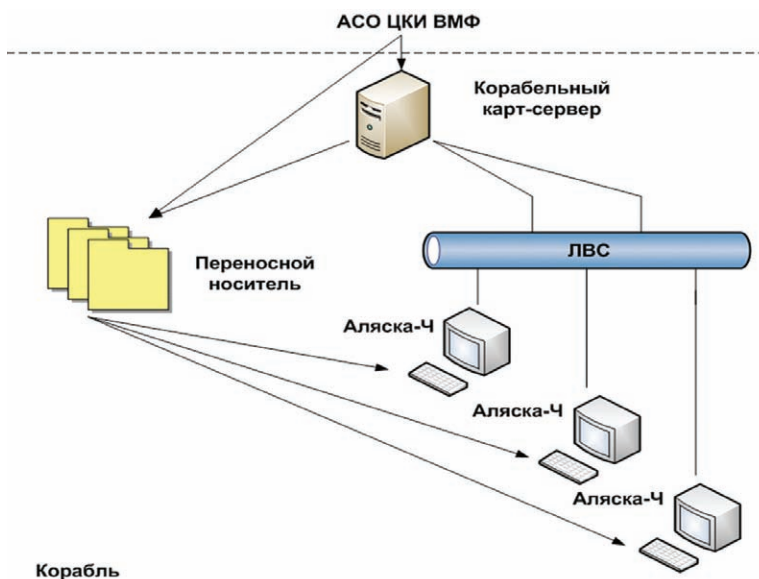


Рис. 2. Схема поступления картографической информации в ЭКНИС



Рис. 1. Этапы разработки и модернизации ЭКНИС «Аляска-Ч»

системе также зарезервирована функция работы с карт-серверами, разработанными в соответствии с требованиями УНиО МО РФ.

ЭКНИС «Аляска-Ч» выпускается в нескольких вариантах исполнения: исполнения № 1,3,4 предназначены для применения в составе навигационного комплекса «Чардаш» или для автономного применения. Отличаются конструктивным исполнением приборов; исполнение № 2 (в сокращенной комплектации) используется в составе интегрированных мостиковых систем (ИМС). Для функционирования ЭКНИС данного исполнения необходимо их сопряжение с одним из ЭКНИС первого или третьего исполнения.

Исполнение №5 применяется в качестве модуля навигационной безопасности в составе корабельных систем, а исполнение №6 – в качестве модуля навигационной безопасности при автономной поставке или в составе корабельных систем.

Варианты исполнения и применяемость ЭКНИС «Аляска-Ч» приведены в табл. 1.

Для различных вариантов исполнения ЭКНИС разработаны различные варианты программного обеспечения (табл. 2).

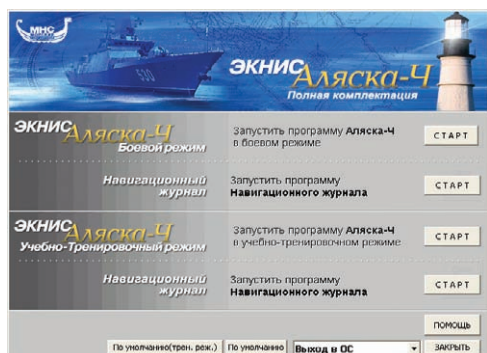


Рис. 3. Стартовое меню ЭКНИС «Аляска-Ч»

Варианты исполнения и применяемость ЭКНИС «Аляска-Ч»

ВАРИАНТ ИСПОЛНЕНИЯ					
Настольный	Пультный, сокращенной комплектации	Стойный	Пультный на основе униф. конструктива	Встраиваемый	Перспективный
Исп. №1	Исп. №2	Исп. №3	Исп. №4	Исп. №5	Исп. №6
ПРИМЕНЯЕМОСТЬ					
В АКНГ «Чардаш»	В ИМС	В АКНГ «Чардаш», самостоятельная поставка	В АКНГ «Чардаш» для пр. 22350	В ИМС, ПУС	В новых проектах, при модерниз., самостоятельная поставка

Таблица 2

Варианты исполнения ПО ЭКНИС «Аляска-Ч»

Обозначение	Наименование	Описание
«П»	Полный	Основной комплект ПО, поставляемый для потребителей РФ
«Э»	Экспортный	Комплект ПО, поставляемый в составе ЭКНИС «Аляска-Э». Обеспечивает выполнение всех функций изделия, за исключением навигационного обеспечения решения специальных задач и задач тактического маневрирования

Работа с управляющими элементами интерфейса ПО ЭКНИС «Аляска-Ч» соответствует стандартным принципам работы с приложениями ОС с графичес-

ким многооконным интерфейсом.

В ЭКНИС использован принцип цветового кодирования данных, отображаемых на интерфейсе. Помимо обыч-

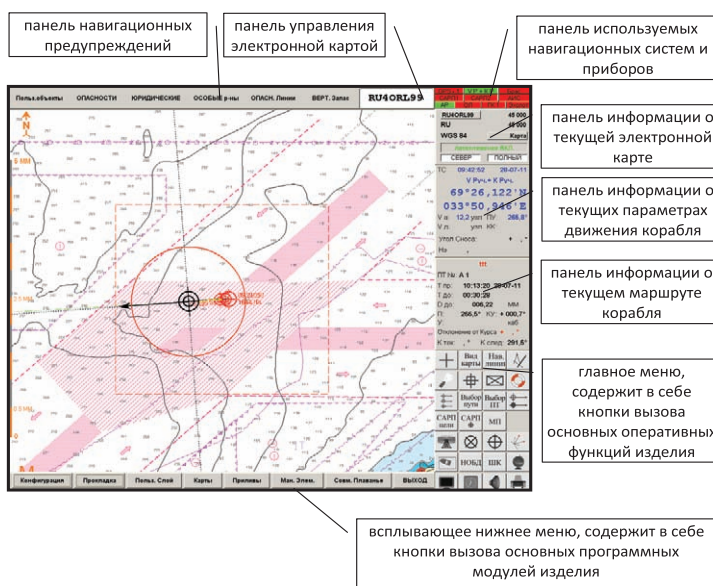


Рис. 4. Основное окно ЭКНИС «Аляска-Ч».

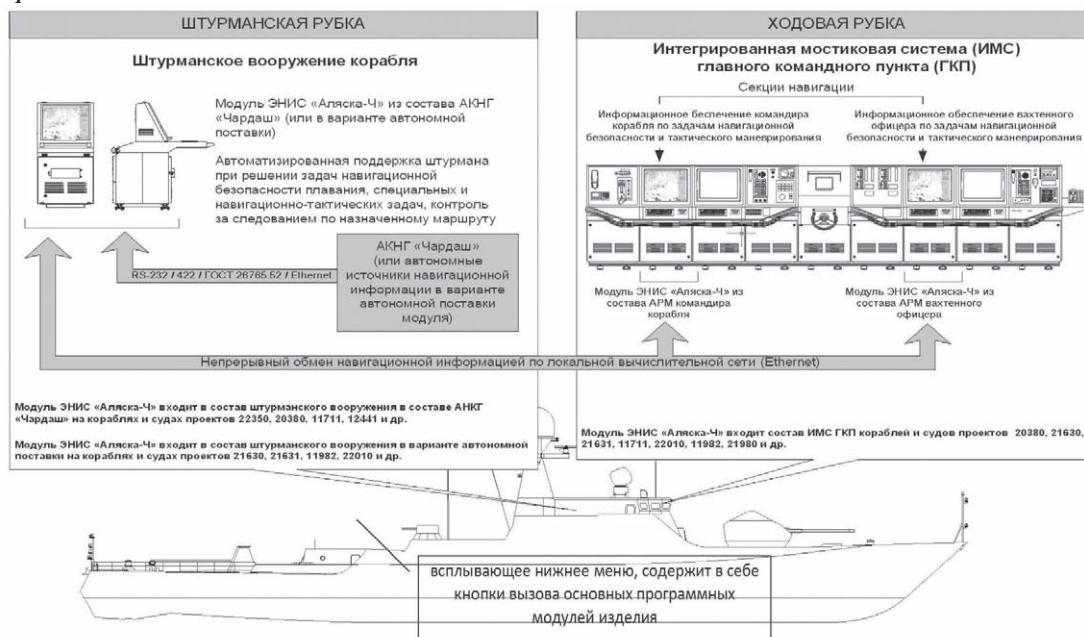


Рис.5. Схема комплексного обеспечения навигационной безопасности на основе ЭКНИС «Аляска-Ч»

ной клавиатуры оператор для ввода данных может использовать виртуальную, которая позволяет вводить значения только с помощью трекбола. Для наглядности на рис. 3 и рис. 4 представлены стартовое меню, в котором расположены кнопки выбора дальнейшего режима работы программного обеспечения, и основное окно ЭКНИС «Аляска-Ч».

На рис. 5 показана схема комплексного обеспечения навигационной безопасности на основе ЭКНИС «Аляска-Ч».

Наличие различных вариантов исполнения является достоинством системы. К положительным аспектам обслуживания ЭКНИС, несомненно, также можно отнести:

- полный цикл разработки, изготовления и постоянное сопровождение программной и аппаратной составляющих ЭКНИС;
- высокая степень адаптации к требованиям заказчика по модификации системы;
- поддержка обратной связи с экипажами;
- подготовка специалистов штурманских частей ВМФ (на тренажерном комплексе СТК «Регель» и/или в АО «МНС» разработчиками изделия);
- длительная гарантия (6,5 лет).

Оснащение кораблей и судов идет по двум основным направлениям, показанным на рис. 6.

При этом первое направление обладает неоспоримым преимуществом непосредственной «привязки» электрических схем и протоколов сопряжения к разрабатываемым проектам. При реали-

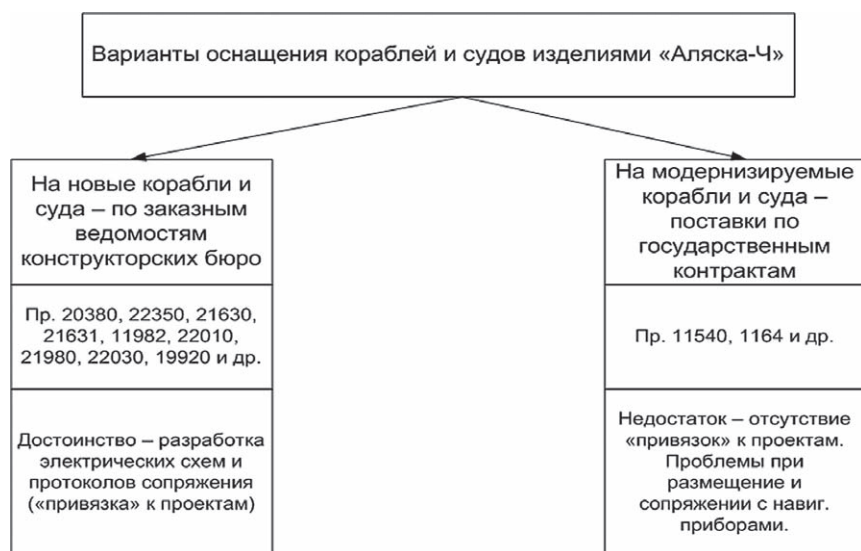


Рис. 6. Варианты поставки ЭКНИС «Аляска-Ч»

ки системы, а именно:

- недостаточная производительность вычислительных средств изделий ранних выпусков (2005–2008 гг.), замедление работы на некоторых ЭНК;
- проблемы сопряжения с корабельной навигационной аппаратурой при установке на модернизируемые проекты кораблей из-за отсутствия соответствующих «привязок».
- высокая трудоемкость установки изделий, поставляемых по госконтрактам.

Перспективы дальнейшего развития системы показаны на рис. 7.

В настоящее время на флоты поставлено более 250 комплектов ЭКНИС «Аляска-Ч» различных ва-

здания. Системы нормально функционируют при широком диапазоне скоростей корабля (судна), значительных рысканиях и циркуляции при плавании в любых районах Мирового океана от 75° ю.ш. до 80° с.ш.

Специалисты АО «МНС» проводят регулярный контроль качества работы системы в реальных условиях и на этой основе постоянно совершенствуют ее, что позволяет поддерживать систему на передовом уровне современности.

ИСТОЧНИКИ

1. Manual on Hydrography. Final Draft. January 2005. International Hydrographic Organization. Monaco.

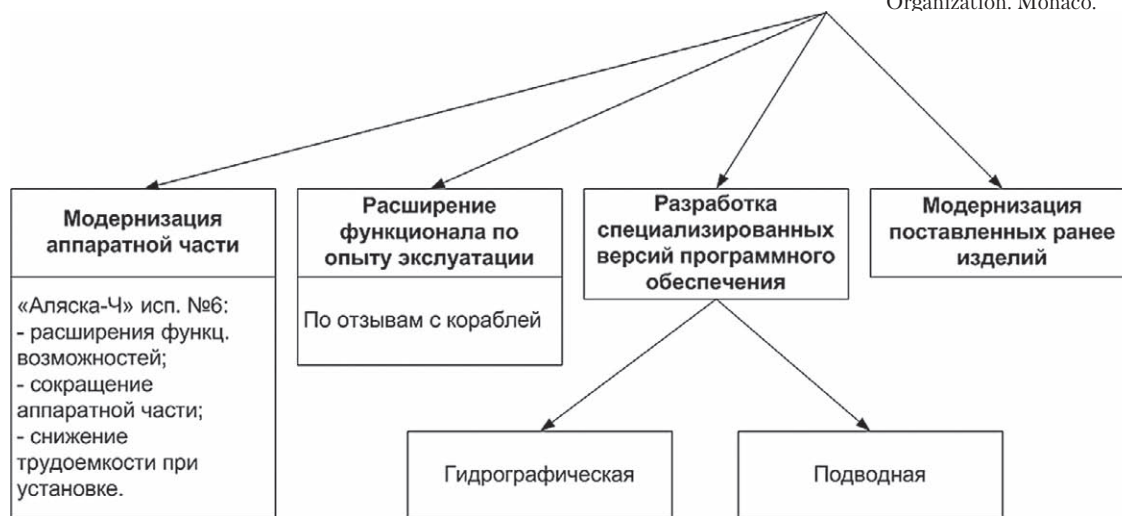


Рис. 7. Перспективы развития ЭКНИС «Аляска-Ч»

зации второго направления возникают проблемы с размещением системы и ее сопряжения с корабельной аппаратурой.

Опыт установки и эксплуатации ЭКНИС «Аляска-Ч» на кораблях и судах ВМФ показал и некоторые недостат-

ков исполнения. За десять лет их использования на кораблях и судах ВМФ они подтвердили свои высокие технические характеристики и эксплуатационные качества, удовлетворяющие требованиям технического

2. Изделие «Аляска-Ч». Руководство по эксплуатации АЕМВ.466535.001 РЭ1.– Ч. II.– Кн. 1. – 91с.
3. АЕМВ.466535.001 ТУ. Изделие «Аляска-Ч». Технические условия. ■

«**А**ля нашей страны Арктические территории, – заметил президент РФ В.В. Путин, – это не только богатейшие залежи углеводородов – это и геополитическое влияние, и Северный морской путь».

В Арктическом бассейне сосредоточено, по предварительным оценкам, четверть всех мировых ресурсов. Одно только это говорит о необходимости долговременной защиты российской части ресурсов Арктики.

Можно прогнозировать, что после того, как работающие шельфовые месторождения в Северном море исчерпают себя, европейские нефтегазовые компании будут искать новые активы, причем, скорее всего, в Арктике. Это приведет к усилению различных попыток нового «деления» Арктики.

Практическое защищенное обладание углеводородными ресурсами позволяет в долгосрочной перспективе обеспечивать независимое от внешнего рынка планирование, добычу и их переработку.

Возникает задача охраны и технического обслуживания подводных компонентов средств добычи полезных ископаемых. Учитывая сложные геофизические условия в Арктике, большая часть этих функций доступна именно подводным средствам. Существующие обитаемые подводные объекты такими возможностями практически не располагают, да и решение таких задач им в принципе несвойственно. Одним из путей реализации данной задачи является создание специальной системы обеспечения безопасности на базе подводных платформ, обеспечивающих функции охраны и техобслуживания.

Учитывая геологические особенности формирования залежей полезных ископаемых, при интенсивной и неконтролируемой добыче углеводородов может возникнуть угроза геостабильности Арктического региона. Эта же угроза может усугубляться потенциальной террористической угрозой. Потеря геостабильности в Арктическом регионе может привести к катастрофе планетарного масштаба. Функция мониторинга геобстановки во всем Арктическом регионе, независимо от территориальной принадлежности вод, в таком случае может выполняться только мобильными средствами типа АНПА, доставка которых в такие районы возможна лишь подводной платформой.

Обеспечение геополитических интересов РФ в Арктическом регионе – доминирования за счет сочетанного использования ресурсов региона и силового фактора, связанного с обеспечением защиты ресурсов, может быть реализовано:

– во-первых, за счет использования маневренных сил флота, играющих

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РФ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ: ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ

А.А. Курносков, канд. техн. наук, зам. гл. конструктора,

К.И. Армашев, вед. инженер,

В.Ю. Дорофеев, канд. техн. наук, ген. директор, АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 388 3590, 242 1578

роль «сил быстрого развертывания» и обеспечивающих быструю реакцию на возникающие угрозы;

– во-вторых, за счет реализации предлагаемого концепта мобильных подводных робототехнических платформ (далее – МПРП), реализующего роль «форпостов» относительно стационарных подводных баз, обозначающих и обеспечивающих постоянное и долговременное присутствие России в Арктическом регионе.

ВМС США совершенствуют доктрину, операционные возможности и тактику для будущих потенциальных операций в Арктике. Командованием ВМС США разрабатывается доктрина поддержки участия коалиционных морских сил Канады, Норвегии, Дании и Исландии, которые действуют в Арктике совместно и под эгидой Соединенных Штатов. Действия США в Арктическом регионе в силу сложных геофизических условий могут быть реализованы преимущественно с использованием роботов, как подводных, так и воздушных.

В связи с возможными потенциальными вызовами и угрозами безопасности нашей страны в Арктике одним из приоритетных направлений является развитие в этой зоне инфраструктуры. МПРП могут составить динамическое ядро базирования робототехнических средств, решающих широчайший спектр задач.

Присутствие РФ в Арктике нацелено, в первую очередь, на ликвидацию надводной и воздушной угроз. Подходы к комплексному противодействию робототехническим системам и подводным силам конкурентов в настоящее время только начинают изучаться.

Создание МПРП, оснащенных роботами различных классов и назначения, позволит ликвидировать или существенно снизить данные угрозы.

Логистическое обеспечение береговых объектов в Арктике затруднено удаленностью и геофизическими условиями в регионе. Использование кон-

курентами робототехнических систем, действующих к тому же с высоким уровнем скрытности, способно прервать или существенно затруднить логистический цикл обеспечения баз. МПРП могут защитить транспортные коммуникации, обеспечивающие береговые объекты необходимыми ресурсами.

Неуклонный рост числа объектов морской экономической деятельности в арктической зоне и активизация судоходства по Северному морскому пути обусловили тенденцию увеличения на российском Севере количества особо опасных и технически сложных производств, которые могут стать мишенью для совершения терактов. Диверсионная угроза подводным элементам нефтегазодобывающего или перерабатывающего комплекса является самой труднообнаруживаемой и труднопредотвратимой.

Прогнозируемое таяние льдов в Арктике дает дополнительную свободу для использования надводных сил как Россией, так и ее вероятными конкурентами, однако в то же время порождает непредсказуемое появление паковых льдов и айсбергов, затрудняющих использование надводных сил и переносящих центр тяжести в пользу использования роботов и, соответственно, МПРП.

Система обеспечения безопасности РФ в арктическом регионе на основе МПРП способна в значительной степени снизить диверсионные угрозы для объектов нефтегазодобывающей отрасли, решить ряд задач, нерешаемых в настоящее время имеющимися средствами. Универсальность МПРП позволяет обеспечить индифферентность данной подводной платформы к составу используемых средств как традиционного вооружения, так и перспективных робототехнических средств.

МПРП – по существу новый вид подводной техники, позволяющий выполнять весь список арктических задач практически в любых метеорологических условиях.

Наиболее важным, стратегическим изменением в области вооружений за прошедшее десятилетие является реализация США концепции сетецентрической войны, намеченная к завершению в ближайшее десятилетие. Ключевое средство реализации этой концепции – информационное превосходство. МПРП, которые будучи по сути элементом сетецентрической системы вооружения, позволят реализовать ряд функций в рамках единого информационного пространства, повышающих оперативность и устойчивость управления силами и средствами.

Кроме того, МПРП обеспечат оперативный контроль за применением автономных роботов, использование которых находится под запретом, и снизят уровень потенциальных угроз с этой стороны.

Анализ масштабных отличий использования МПРП показал следующее:

1. В локальном масштабе только использование системы «МПРП–роботы» способно эффективно обеспечить в условиях Арктического региона:
 - практически независимое от геофизических условий и ледовой обстановки

выполнение всего комплекса нижеприводимых работ;

- проведение полномасштабных испытаний создаваемых роботов в реальных условиях во взаимодействии с другими объектами-участниками единого информационного пространства;
- решение комплекса задач по охране подводных сегментов объектов нефтегазодобывающей отрасли и иных подводных объектов гражданского назначения;
- решение комплекса задач по техническому обслуживанию объектов нефтегазодобывающей отрасли и иных подводных объектов гражданского назначения;
- решение комплекса задач по техническому обслуживанию роботов, обеспечивающих указанное обслуживание;
- решение комплекса задач в цикле НОРД в локальном масштабе.

2. В региональном масштабе использование систем «МПРП–роботы» способно обеспечить эффективную добычу и защиту ресурсов арктической зоны, а также безопасность России в данном регионе.

3. В планетарном масштабе использование систем «МПРП–роботы» способно обеспечить:

- мониторинг и противодиверсионную защиту геостабильности Арктического региона в процессе добычи углеводородов;
- исследования Мирового океана;
- мобильное оборудование районов для добычи полезных ископаемых в различных районах Мирового океана;
- добычу полезных ископаемых в различных районах Мирового океана;
- превентивное наблюдение за различными надводными, мобильными подводными и стационарными подводными объектами противника.

ВЫВОДЫ:

1. Система обеспечения безопасности РФ в Арктике на основе МПРП позволит эффективно и долговременно отвечать на весь спектр угроз (экономическим, экологическим и т.д.) в данном регионе.

2. Российская Федерация обеспечит себе долговременное технологическое лидерство в области морских робототехнических систем.

3. Судостроительные организации и предприятия Санкт-Петербурга формируют совершенно новое направление кораблестроения. ■

На ранних этапах при проектировании интегрированных пультов управления для технических средств различного назначения (навигация, связь, общекорабельные системы и т.д.) в едином пульте дистанционного управления размещали выносные приборы и устройства, устанавливаемые в ходовой рубке и обеспечивающие управление судном. Однотипные технические средства управлялись посредством их коммутации. Секции и приборы изготавливались в унифицированных корпусах. Пульты в таком исполнении обладали одним существенным недостатком – низкой модернизационной способностью.

Дальнейшим этапом развития интегрированных мостиковых систем (ИМС) стало использование секций на базе автоматизированного рабочего места и приборов сопряжения с различными техническими средствами судна. К этому времени системы электронных карт, системы автоматической прокладки курса радиолокационных комплексов перешли на обработку, отображение и выдачу информации на основе компьютерных технологий, что привело к распространению локальных сетей на весь мостик. При этом вычислительные мощности, используемые в РЛС, и электронные навигационные

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОСТИКОВЫХ СИСТЕМ

Е.М. Балушкин, инженер АО «НПФ «Меридиан»
контакт. тел. (812) 6020375 доб. 118

картами оказались ядром для системной интеграции.

В настоящее время АО «НПФ «Меридиан» работает над созданием интегрированных пультов судовождения с использованием современной элементной базы и вычислительной техники, обеспечивающих решение всех функциональных задач, требуемых нормативными документами, с возможностью управления судном одним судоводителем [1].

Мостиковая система объединяет в единый информационный комплекс навигацию, автоматизированное управление движением, управление главными двигателями, электроэнергетику, связь и оповещение, видеонаблюдение, сбор и хранение информации о рейсе, управление общесудовыми системами.

На предприятии в рамках работ над судовыми системами управления ведутся исследования теоретических аспектов создания единого информационного пространства на судне. Од-

ним из вариантов реализации такого подхода может стать ИМС с использованием виртуализации различных вычислительных процессов. Доступ к виртуальным машинам будет осуществляться благодаря использованию нулевых и/или тонких клиентов, поскольку нулевые клиенты поддерживают протоколы удаленного доступа и имеют интерфейсы для подключения устройств ввода и периферии.

Увеличение вычислительных мощностей современных компьютеров за последние годы позволило пересмотреть архитектуру работы судовых информационных систем. Уменьшение техпроцесса производства электронных компонентов, возросшее на одном кристалле количество транзисторов, как следствие, массовое применение твердотельных жестких дисков и т.д. привело к появлению серверной архитектуры с применением одного физического и управляемых гипервизором виртуальных

серверов. Гипервизоры последних поколений, обладая широкими возможностями по виртуализации, осуществляют подключение рабочих мест операторов к виртуальным серверам через «нулевых» клиентов.

Таким образом, решения на базе нулевых клиентов позволят каждому пользователю работать с собственной виртуальной машиной. Такая архитектура, основанная на виртуализации ресурсов, приводит к сокращению расходов за счет:

- сокращения физических вычислительных модулей;
- сокращения количества операционных систем благодаря применению «разделяемых» операционных систем на физических серверах, работающих под управлением гипервизора;
- уменьшения количества кабельных соединений за счет применения виртуальных сетей внутри виртуальных сред;
- снижения энергопотребления в связи с сокращением приборного состава;
- сокращения объемов занимаемых вычислительной техникой [2].

Отсутствие в нулевом клиенте механических элементов, таких как вентиляторы и жесткие диски, приводит не только к уменьшению затрат на обслуживание, но и к повышению надежности и срока эксплуатации, а также к сокращению расхода энергии. Малые размеры устройств делают привлекательным их использование для ввода-вывода данных в ограниченном пространстве.

Описанный подход способствует формированию на судне высоконадежного центра обработки данных, который может расширить использование ИМС в качестве средства автоматизации, ориентированного на интеграцию в рамках всего корабля, что позволит существенно повысить его эксплуатационные свойства и эффективность боевого использования [2].

При этом можно будет не только успешно справиться с задачами, которые ранее выполнялись с помощью отдельных технических средств, но и более оперативно и оптимально решать «пограничные» задачи на стыке нескольких, ранее разделенных систем.

Рассмотрим состав такого рода мостиковой системы на примере ИМС для судна на подводных крыльях (СПК):

- РЛС;
- электронная картографическая навигационно-информационная система;
- система автоматизированного управления движения судном, включающая систему управления положением и движением (по курсу или траектории) судна;

- дистанционное автоматическое управления главной энергетической установкой;
- средства внешней и внутренней судовой связи, в том числе радиосвязь, безбатарейная телефония, а также громкоговорящая трансляция;
- управления и сигнализация СТС (судовыми техническими средствами), пожарная сигнализация, системы видеонаблюдения и охранной сигнализации;
- регистратор данных о рейсе;
- автоматическая идентификационная система.

К важнейшим и основополагающим задачам, решение которых возлагается на ИМС как средство автоматизации, судна можно отнести:

- сбор, обработку, анализ и наглядное отображение всех видов обстановки, полученной от внешних и внутренних источников информации;
- автоматизированное и ручное управление судном в море с использованием средств наблюдения за обстановкой;
- подготовку, контроль и управление главной и вспомогательной энергетическими установками судна;
- контроль и управление судовыми техническими средствами;
- обеспечение внутрисудовой и внешней связи, требующей решения задач безопасного судовождения;
- обеспечение безопасности (контроль и действия в аварийных ситуациях);
- управления средствами борьбы за живучесть – системами осушения, пожаротушения, обеспечения хода и т.д.

Отличительной особенностью ИМС является высокая насыщенность радиоэлектронным оборудованием при малых массогабаритных показателях. В конструкции ИМС используются такие материалы, как металл, стекло, углепластик и пластмассы, не выделяющие биологически вредных веществ и обладающие взрывобезопасностью и пожаростойкостью [3]. С использованием высокопрочного углепластика становится возможной поставка ИМС совместно с интегрированной системой управления техническими средствами (ИСУ ТС) на заказы с жесткими требованиями к массогабаритным характеристикам. Современные методы производства углепластиков позволяют создавать изделия, отвечающие требованиям судостроительной отрасли.

Такая интегрированная система управления техническими средствами корабля способна объединить информационные ресурсы оснащения ходового мостика и поста энергетики и живучес-

ти для координированного управления выполнением боевой задачи, повседневной эксплуатации, тренировок и обучения экипажа.

Устройство ИСУ ТС обеспечивает:

- контроль и управление различными системами судна с помощью панелей управления;
- обработку и представление информации от датчиков на борту судна;
- визуализацию данных процессов на дисплее с помощью страниц меню;
- выдачу оператору аварийных сообщений и информации о неисправностях (в режиме реального времени и в максимальном объеме);
- регистрацию и контроль всех событий, произошедших за определенный период;
- настройку, позволяющую сконфигурировать систему согласно пожеланиям и требованиям оператора.

Для выполнения требований по назначению устройства ИСУ ТС оно должно сопрягаться с системами судна в соответствии с фактическими протоколами связи и иметь возможность вывода всей необходимой информации [3].

ИСУ ТС повышает качество и эффективность управления судном, его специальными и техническими средствами. Благоприятные условия на рабочих местах экипажа, информационное насыщение, единая линия в дизайне интерфейсов органов управления обеспечивают снижение стрессовой нагрузки с операторов и повысят эффективность и безопасность судна в целом.

Таким образом, совместное использование мостиковой системы и системы управления техническими средствами, применение последних тенденций в области информационных технологий совместно с современными методами производства высокопрочных углепластиковых корпусов позволяет АО «НПФ «Меридиан» разрабатывать и модернизировать мостиковые системы для морских и речных судов любых классов с высочайшими требованиями к эксплуатационным характеристикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коротков С.С., Тихоненко А.М. Инновационный подход к разработке интегрированных мостиковых систем // Морской вестник. – 2014. – №4.
2. Грачев М.Н., Зайцев А.Н. Направления развития и перспективная архитектура интегрированной системы боевого управления надводного корабля // Морской вестник. – 2016. – №3 (59).
3. Коротков С.С., Балушкин Е.М. Концептуальные шаги при создании автономных и телеуправляемых судов // Морская радиоэлектроника. – 2016. – №2. ■

В публикациях [1–3] приведены данные о возрастной и стажевой динамике риска хронического нарушения здоровья судостроителей трех групп: ведущие профессии судовых рабочих (рубщики, электросварщики, сборщики корпусов и слесари-монтажники); вспомогательные массовые профессии рабочих (слесари и электрики различного профиля, наладчики оборудования); цеховые руководители и специалисты (начальники цехов, участков и их замы, мастера, инженеры, экономисты). Изучены риски гипертонической болезни и заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также риск вероятности длительной временной утраты трудоспособности работником за год (в течение 30 дней и более, РДБ₃₀). Для анализа динамики риска использовался показатель среднего годового прироста риска (ГПР) заболевания:

$$P(\%) = P_{\text{фон}} + \text{ГПР} \times K,$$

где P – частота (риск) заболевания в обследуемой группе работников, %; $P_{\text{фон}}$ – фоновое значение риска P , %; K – количество лет в исследуемом периоде возраста или стажа.

Установлена большая текучесть кадров в группе основных рабочих в первые три года стажа (18,9% за год), при этом среди уволенных основных рабочих величина РДБ₃₀ в 3–4 раза выше, чем у работающих. Это обстоятельство, а также воздействие неблагоприятных непрофессиональных факторов маскируют вредное воздействие условий труда на динамику показателей основных рабочих (у 84% основных судовых рабочих степень вредности условий труда – 3,3) [1].

Для изучения влияния этих факторов на динамику показателей здоровья работающих разработана компьютерная модель. На рис. 1 показаны основ-

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТАЖЕВОЙ ДИНАМИКИ РИСКА ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Г.А. Сорокин, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник
СЗНЦ гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора;
В.Л. Суслов, канд. мед. наук, врач высшей категории,
Медицинский центр АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 312 7212

ные причинно-следственные связи, формирующих стажевую динамику риска нарушения здоровья в группе работников. Профессиональные и непрофессиональные источники риска здоровью характеризуются показателем ГПР, индивидуальные стажевые динамики – показателем РДБ₃₀ [4]. В зависимости от выбранного вида и показателя нарушения здоровья формы индивидуальных динамик риска (map. dinamic) могут быть разными, однако характер популяционной стажевой динамики риска (dinamica) во всех случаях будет примерно одинаков – в виде монотонно нарастающей по годам стажа величины риска [5, с. 149]. Надежность определения ГПР для изучаемых условий труда зависит от следующих показателей:

- абсолютного значения ГПР (чем оно больше, тем меньше необходимо статистических данных);
- численности обследованной группы работников;
- величины стажа в данных условиях труда;
- сопутствующих организационных факторов (целевой медицинский подбор и отбор, естественный отсев работников по причине здоровья и возраста).

Предложенная этиологическая схема использована в алгоритме определения по данным медицинского обследования интенсивных показателей риска здоровью работающих [6] и реализована в компьютерной модели, позволяющей прогнозировать динамику риска здоровью работников по годам стажа в зависимости от профессиональных и непрофессиональных факторов. Иногда формы стажевой динамики частоты заболеваний, полученные по данным медосмотров работников, могут противоречить основной аксиоме гигиены: «больше стаж работы во вредных условиях – больше риск заболеваний». Эти парадоксы, описанные Н. А. Вигдорчиком [7], во многих случаях объясняются действием социальных факторов подбора и отбора работников. В таких случаях для помощи в интерпретации данных необходимо компьютерное моделирование сведений о стажевой динамике риска здоровью работников, получаемых в результате медицинского обследования «Моделирование – это процесс представления динамической системы моделью для получения информации об этой системе путем проведения экспериментов над ней», – писал У. Далл, создатель программного языка разработки моделей Симула-1.

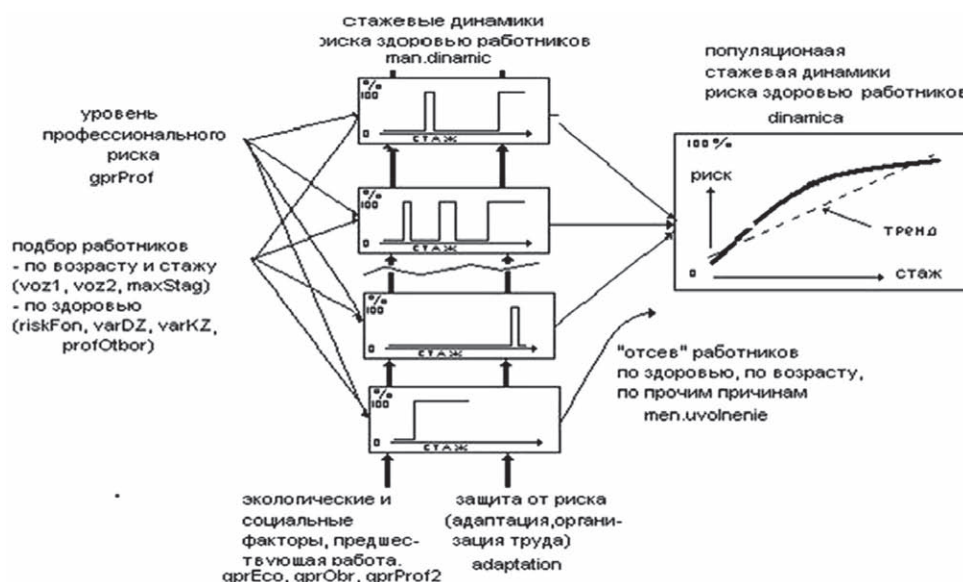


Рис. 1. Схема причинно-следственных связей в модели стажевой динамики риска здоровью работающих

Математическая модель популяционной стажевой динамики риска здоровью работников, схема которой приведена на рис. 1, описывается выражением

$$\begin{aligned} \text{Dinamica}[\text{stag}] = \\ = \sum (\text{man.dinamica}_i[\text{stag}W_i]) = \\ = \sum (\text{RiskFon}W_i + \text{gprPro}W_i \times \text{stag}W_i \times \\ \times \text{adapt} + \text{gprEco}W_i \times \text{stag}W_i + \\ + \text{gprObr}W_i \times \text{stag}W_i); \end{aligned}$$

где $\text{Dinamica}[\text{stag}]$ – популяционная стажевая динамика риска здоровью работающих: частота хронически больных (или лиц с длительной ЗВУТ) среди работников со стажем «stag»; $\text{man.dinamica}_i[\text{stag}W_i]$ – индивидуальная динамика вероятности быть больным i -го работника по годам его стажа – $\text{stag}W_i$; dinamica и man.dinamica являются выходными параметрами модели стажевой динамики соответственно популяционного и индивидуального риска нарушения здоровья работников (рис. 1).

Входными параметрами модели динамики риска нарушения здоровья («источники риска») являются:

– **индивидуальные эндогенные и экзогенные риски:** $\text{RiskFon}W_i$ – индивидуальный риск быть больным у i -го работника перед поступлением на работу, обусловленный экзогенными и эндогенными факторами его здоровья; $\text{gprPro}W_i$, $\text{gprEco}W_i$, $\text{gprObr}W_i$ – индивидуальные профессиональный, экологический и социальный (вредные факторы образа жизни) риски: среднегодовые приросты вероятности быть больным i -го работника обусловленные соответственно популяционным уровнем профессионального (gprPro), экологического (gprEco) и социального (gprObr) факторов с учетом его индивидуальных наследственных свойств здоровья; $\text{gprProf}2_i$ – индивидуальный профессиональный риск быть больным i -го работника, обусловленный предшествующей трудовой жизнью;

– **популяционные профессиональные, экологические и социальные риски:** gprPro , gprEco , gprObr (%) – популяционные риски: среднегодовой прирост частоты (вероятности) хронически больных среди работников вследствие воздействия профессиональных, экологических и социальных (факторов; $\text{gprProf}2$ (%) – популяционный профессиональный риск: среднегодовой прирост частоты (вероятности) хронически больных среди работников в предшествующий трудовой жизни.

Характеристики работников: voz1 , voz2 , maxStag – ограничения по возрасту (минимальные и максимальные возраст работника; maxStag – максимальный стаж работы; RiskFon_i – см.

Таблица 1
Варианты распределения работников в зависимости от уровня здоровья

Вариант распределения уровней здоровья	Уровень здоровья				
	1-й низкий	2-й пониженный	3-й средний	4-й повышенный	5-й высокий
	распределение, %				
1	5	15	60	15	5
2	10	20	40	20	10
3	20	20	20	20	20

Таблица 2
Варианты коэффициентов, корректирующих популяционные риски в зависимости от индивидуального уровня здоровья работника

Вариант коэффициентов varKZ	Уровень здоровья				
	1-й низкий	2-й пониженный	3-й средний	4-й повышенный	5-й высокий
	Коэффициенты к популяционным рискам				
1	0,71	0,84	1,00	1,19	1,42
2	0,50	0,70	1,00	1,42	2,00
3	0,35	0,60	1,00	1,66	2,80
4	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00

выше; $\text{varDZ} \div 1-3$ – варианты распределения работников по пяти уровням здоровья, обусловленными эндогенными, наследственными факторами: varKZ ; $\text{varDZ} \div 1-4$ – варианты коэффициентов к популяционным рискам gprPro , gprEco , gprObr , учитывающие уровень здоровья работников (табл. 2); men.getParam – процедура создания индивидуальных характеристик работника.

Организационно-производственные факторы: $\text{profObr} \div 1-9$ – функция, моделирующая девять вариантов медицинского отбора (целевого или случайного) работников при поступлении на работу по группам здоровья, указанных в табл. 1: 1–1-я группа здоровья; 2–1-я и 2-я группы; 3–1–3-я группы; 4–1–4-я группы; 5–1–5-я группы (нет отбора); 6–5-я группа; 7–4–5-я группы; 8–3–5-я группы; 9–2–5-я группы; Tk – коэффициент текучести кадров: доля работников, увольняемых в течение 1-го года; letB (лет) – максимальное количество лет в состоянии «хро-

нически больной», после которого работник увольняется; adapt – варианты коэффициента, снижающего популяционный профессиональный риск здоровью (gprPro) вследствие поведенческой и социальной адаптации работника и изменений его условий труда по ходу стажа в данной профессии (использование более безопасных приемов работы, выполнение менее вредных операций и работ, работа в менее вредных условиях); Варианты: 1-й: $\text{adapt}=1$; 2-й: $\text{adapt}=1/(1+\text{stag}/5)+0,17$; 3-й: $\text{adapt}=1/(1+\text{stag}/5)$; 4-й if stag in $[1..5]$ then $\text{adapt}=1,0$... if stag in $[>20]$ then $\text{adapt}=0,2$; Uvolnenie – функция, моделирующая интенсивность «отсева» рабочих с изучаемых рабочих мест вследствие ухудшения их здоровья, наступления предельного возраста и по случайным причинам; Mest – количество рабочих мест, на которых заняты обследованные работники.

Прочие факторы в модели: kCikl – количество повторений реализации модели динамики риска с заданными

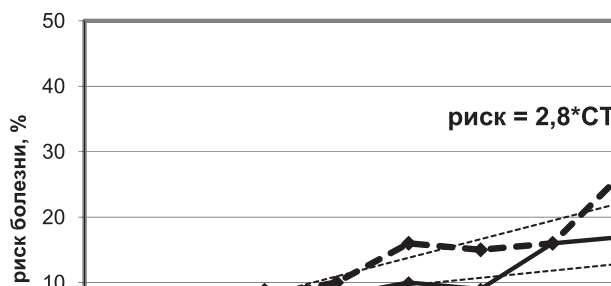


Рис. 2. Влияние непрофессиональных факторов на динамику риска нарушения здоровья работников. (1-й и 2-й варианты параметров модели в табл. 3) ----- динамика при $\text{gprEco} = 1\%$ и $\text{gprObr} = 1\%$; — при $\text{gprEco} = 0,2\%$ и $\text{gprObr} = 0,2\%$

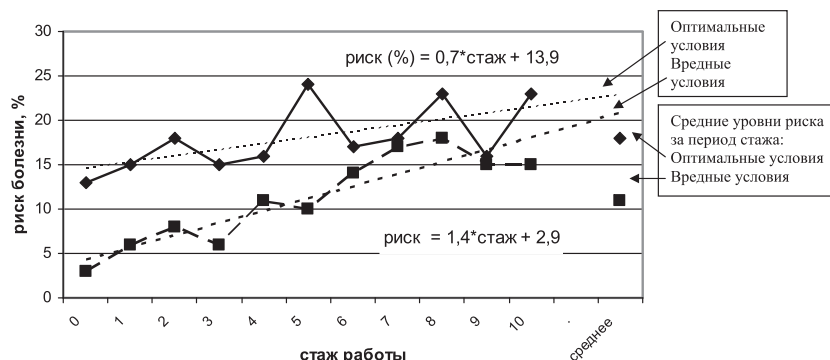


Рис. 3. Пример расхождения экстенсивной (по среднему уровню) и интенсивной (по ГПР) оценок риска вследствие медицинского отбора работников на места с разной степенью вредности условий труда (3-й и 4-й варианты параметров модели в табл. 3)

— ■ — отбор работников с 1–3-им уровнями здоровья при поступлении на рабочие места с вредными условиями труда $gprPro = 2\%$; работы; — ◆ — без отбора работников по уровню здоровья при поступлении на места с оптимальными и допустимыми условиями труда, $gprPro = 0,5\%$



Рис. 4. Влияние вредности условий труда на предыдущей работе ($gprProf2 = 2\%$) на стажевую динамику риска заболеваний работников (5-й вариант модели в табл. 3; профотбор отсутствует)

Таблица 3

Варианты параметров моделей динамики риска нарушения здоровья работников

Модель	Значения параметров модели в зависимости от варианта ее параметров				
	1	2	3	4	5
Ncicl, раз	10	10	10	10	5
RiskFon, %	0	0	0	0	0
gprPro, %	2	2	0,5	2	1
gprEco, %	0,2	1	0,2	0,2	0,1
gprObr, %	0,2	1	0,2	0,2	0,1
gprProf2, %	0,2	1	0,2	0,2	2
adapt, номер*	6	6	6	6	1
voz1, кол-во лет	30	30	30	30	40
voz2, кол-во лет	60	60	60	60	60
Stag, кол-во лет	10	10	10	10	30
mest, штук	500	500	500	500	1000
varDZ, номер*	2	2	2	2	3
varKZ, номер*	4	4	4	4	3
tk, доля	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
letB, кол-во лет	1	1	1	1	1
Otbor, номер*	3	3	7	3	5

* Номер варианта переменных, описание которых дано выше

параметрами (используется для увеличения выборки и повышения точности прогнозирования стажевой динамики риска).

На рис. 2–4 показаны варианты стажевой динамики риска хронических нарушений здоровья работников при воздействии непрофессиональных факторов. Приводимые на графиках величины риска соответствуют диапазону рисков заболеваний сердечно – сосудистой системы, органов дыхания, костно-мышечной системы, синдрома хронической усталости и других достаточно распространенных заболеваний и их групп [8]. Параметры моделей, воспроизводящих стажевую динамику риска заболеваний работников, указаны в табл. 3. Разработанная модель использована для планирования исследований, обеспечивающих статистически достоверные выводы, путем определения необходимого количества работников и стажевого периода наблюдений при различных степенях вредности условий труда [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин Г.А., Суслов В.Л. Возрастная и стажевая динамика общей заболеваемости работников судостроительного предприятия // Журнал профилактической и клинической медицины. – 2011. – № 4. – С. 39–45.
2. Сорокин Г.А., Суслов В.Л. Условия труда и заболеваемость с временной утратой трудоспособности работников судостроительного предприятия // Морские интеллектуальные технологии. – 2010. – Октябрь. – С. 253–257.
3. Сорокин Г.А., Суслов В.Л. Определение профессионально-обусловленной доли в общей заболеваемости работников судостроительного предприятия // Морской вестник. – 2011. – Спец. выпуск. № 1 (8). – С. 61–63.
4. Сорокин Г.А. Динамика ЗВУТ как показатель профессионального риска // Гигиена и санитария. – 2007. – № 4. – с 43–46.
5. Сорокин Г.А. Утомление и профессиональный риск. – СПб.: Изд. Политех. ун-та. – 2009. – 368 с.
6. Сорокин Г.А. Возрастная и стажевая динамика показателей здоровья работающих как критерий для сравнения профессиональных и непрофессиональных рисков // Гигиена и санитария. – 2016. – № 4. – С. 355–361.
7. Вигдорчик Н.А. Естественный профессиональный отбор с точки зрения профессиональной гигиены труда. – Л., 1928. ■

Аварии при транспортировке ПБУ. В ряде случаев имеют место аварии в процессе перегона ПБУ. Несмотря на то, что периоды транспортировки для ПБУ составляют менее 5% эксплуатационного цикла, аварии при транспортировке являются причиной потерь одной трети плавучих установок и 44% СПБУ. Наиболее характерными авариями при транспортировке являются конструктивные повреждения, обрыв буксирных тросов, посадка на грунт, опасный крен и т. д.

В ноябре 1989 г. при перегоне СПБУ «Interosean 11» из блока 48/7 в блок 50/26 месторождений южной части Северного моря в штормовых условиях произошел обрыв буксирного троса, СПБУ потеряла остойчивость, опрокинулась и затонула. Экипаж в составе 51 человека безопасно эвакуирован при помощи четырех вертолетов. Установка была объявлена полностью потерянной.

В последние годы отмечается снижение аварийности при транспортировке, что является следствием таких факторов, как повышение достоверности прогнозов, безопасности буксирных операций и использование метода «сухой» транспортировки плавучих установок на специализированных судах, грузообработка которых проводится «методом докования».

Тем не менее 18 декабря 2011 г. в Охотском море перевернулась и затонула трехопорная СПБУ «Кольская». Сильный ветер, волнение высотой до 5 м вначале оборвали буксирный трос, затем выбили иллюминаторы, и вода хлынула в помещения СПБУ «Кольская», на борту которой находились 67 человек.

Нарушение правил безопасной буксировки сооружений в открытом море (на борту присутствовало 67 человек), неблагоприятная погода, а также неудовлетворительное техническое состояние буровой установки предопределили страшную трагедию. В результате широкомасштабной спасательной операции были спасены всего 14 человек.

Аварии в процессе строительства и обустройства морских нефтепромыслов. В ноябре 1982 г. в Каспийском море на месторождении 28 мая на глубине 124 м был установлен один из блоков призматической конструкции глубоководной стационарной платформы МСП-3.

Однако закрепить блок на морском дне сваями из-за отсутствия в этот момент краново-монтажных судов (КМС) не представилось возможным. КМС «Азербайджан» по решению союзного министерства было направлено в город Астрахань для проведения сборочно-монтажных работ на строя-

ОЦЕНКА АВАРИЙНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЧАСТЬ 2*

Р.Н. Караев, канд. техн. наук, проф.

Азербайджанской государственной нефтяной академии,
контакт. тел. +7 (994 50) 210 9269

щейся полупогружной плавучей буровой установке. По окончании работ в Астрахани на обратном пути в дельте р. Волга КМС «Азербайджан» вышел из строя и был поставлен на ремонт. Не представилось также возможным использование ветерана Каспийского нефтепромыслового флота транспортно-монтажного кранового судна (ТМКС) «Кероглы», долгое время стоявшего на ремонте.

В результате в середине января 1983 г. под воздействием штормового ветра опорный блок, простоявший в море незакрепленным около двух месяцев, опрокинулся.

На морском дне оказалась призматическая ферменная стальная конструкция размером с многоэтажный дом и массой порядка 1000 т. При этом, замеры, произведенные высокоточными локаторами, показали, что блок подводным течением снесло от первоначальной точки падения на 200 м, а часть металлоконструкции оказалось заиленной (погруженной в слой ила).

Причина аварии официально не была оглашена, хотя выдвигалось множество версий. Одна из них, возможно главная, – незакрепленность опорного блока к морскому дну. Высказывались и другие причины, такие как потеря устойчивости, чему мог бы способствовать подземный толчок, зафиксированный в районе «Нефтяных Камней» за месяц до падения блока; возможность разрыва некачественных сварных швов; призматическая форма конструкции, которая в сравнении с пирамидальной, менее устойчива и т. п.

Для установления истинной причины необходимо было либо провести подводное обследование, либо поднять блок на поверхность. Однако отсутствие на тот период в Каспийском бассейне работоспособной подводной техники (ГВК, подводных аппаратов) делало практически невозможным проведение подобного обследования. Подъемную операцию, связанную со значительными техническими трудностями и материально-финансовыми вложениями, решено было не проводить, вследствие наличия многочисленных и серьезных повреждений в конструкции опорного

блока, что делало, по существу, возможным использование блока только в качестве вторичного сырья (металлолома).

Данная авария – наглядный пример, подчеркивающий важность своевременного проведения работ по закреплению опорного блока на рабочей точке.

29 сентября 1986 г. на Каспии в процессе монтажа подводно-эксплуатационного оборудования на первой в СССР высокодебитной подводной скважине № 15, расположенной на месторождении «Гюнешли» (бывшее 28 апреля) под толщей воды 135 м произошли две серьезные аварии.

Несмотря на большой объем подготовительных работ (разработку организационно-технических мероприятий, предусматривающих последовательность опускания и соединения под водой основных сегментов эксплуатационного комплекса, проведение предварительного тренинга по отработке действий акванавтов под водой и т. п.), при проведении подводно-технических работ в ствол скважины, где находилось около 3400 м лифтовых труб с полным комплектом внутрискважинного оборудования, упало множество металлических обломков.

Только через четыре месяца была ликвидирована эта авария, как произошла новая – была нарушена герметичность подводных трубопроводов. Причина, как выяснилась, – в отсутствии соосности стыковочных узлов подводной фонтанной арматуры в гидромуфтах. Водолазным обследованием было выявлено неплотная посадка четырехдюймового патрубка в гнездо гидромуфты.

Во время второго спуска попытка акванавтов с помощью ручных талей приподнять патрубок и посадить его на место оказалась безуспешной. Тогда было принято новое решение: с поверхности от лебедки грузоподъемностью 8 т были поданы два стропа, с помощью которых патрубок сдвинулся и был посажен в гнездо гидромуфты. Во время третьего спуска акванавты заменили поврежденные уплотнительные кольца, тщательно осмотрели посадку стыковочных узлов, проследили за пробной опрессовкой. Все операции контролировались палубным монитором.

*Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №3(59), с. 85

После посадки и стыковки подводно-устьевого эксплуатационного оборудования на подводном устье скважины приступили к укладке гибких труб от подводной скважины в сторону стационарной платформы.

Укладку проводили медленной отдачей гибкого трубопровода с одновременным движением судна по курсу. Удержание судна на трассе укладки обеспечивалось швартовными, связывающими корму судна с ППБУ, и одним якорем, предварительно уложенным на дне на необходимом расстоянии. По мере движения судна по курсу подбирались якорная цепь и отдавались швартовые под натяжением (рис. 16).

При стыковке под водой гибких и стальных труб возникло еще одно осложнение, связанное с повреждением соединительного фланца на стальной трубе. Поврежденный фланец был заменен, при этом объем подводных работ, естественно, возрос.

Опыт подводно-технических работ, приобретенный в процессе монтажа первой в стране подводной эксплуатационной системы на скважине № 15, показал, что основное внимание при монтаже должно быть уделено обеспечению соосности и плотности посадки (прилегания) стыковочных узлов монтируемых элементов.

В целом длившаяся в течение 15 месяцев самоотверженная работа по строительству первой в нашей стране подводной скважины увенчалась успехом. 18 августа 1987 г. нефть из подводной скважины поступила на глубоководную МСП-2. Через 9-мм штуцер скважина подавала более 200 т нефти в сутки.

Развитие морской нефтегазодобычи во многом определяется успешным решением вопросов строительства и обеспечения высокого уровня технической эксплуатации подводных трубопроводов.

Излишне говорить, к каким последствиям могут привести нарушения, повышающие потенциальную аварийность подводных трубопроводов и, главное, представляющие опасность для окружающей среды.

К примеру, на Каспийском море в 1986–1987 гг. на магистральном трубопроводе диаметром 530 мм, протяженностью 22 км, который соединял глубоководную стационарную платформу № 3 на месторождении «Гюнешли» с «Нефтяными Камнями», при глубине воды вдоль трассы от 112 м до 10 м произошла авария.

Проходящие суда обнаружили выход газа и нефти на трассе трубопровода. Трубопровод был немедленно перекрыт, 13 продуктивных скважин полностью отключены, остальные переведены на ограниченный режим эксплуатации.

Для ликвидации аварии были подключены КМС «Азербайджан», оснащенное ГВК, шланго-кабельное судно «А. Амиров», оснащенное подводной телевизионной камерой, трубоукладочная баржа «С. Везиров», водолазное судно «Авиор» и ОПА с автономным управлением «РИФ» Министерства рыбного хозяйства СССР.

Работы начались с обследования, в процессе которого необходимо было не только обнаружить повреждение, но и выявить его характер (трещина, коррозионный износ, разрыв) с тем, чтобы вы-

работать соответствующее техническое решение по ремонту.

Следует отметить, что в практике подводно-технических работ в процессе поиска повреждений трубопроводов труднее всего обнаружить точечные коррозионные повреждения в стенках труб. Особенно сложно найти отверстия, расположенные на заиленной поверхности трубы. Тем не менее в результате многодневных поисков был обнаружен разрыв стыкового сварочного соединения: сверху на 10 см, снизу – на 15 см. Причиной разрыва сварного шва стало провисание трубопровода над дном на 30 см, что является явным нарушением требований нормативных актов, недопускающих провисания подводных трубопроводов.

Наличие провисающих участков отрицательно сказывается на надежности эксплуатации трубопроводов. В зависимости от длины и стрелки прогиба провисающего участка под влиянием вибрации трубопровода и знакопеременных нагрузок, обусловленных совместным действием сил веса, волн, течений и движением транспортируемого продукта, возникающие опасные напряжения приводят к повреждению трубопроводов.

Кстати, проведенные дальнейшие обследования трубопровода с использованием ОПА «РИФ» выявили еще более удручающую картину: подводная линия от МСП № 2 до МСП № 11 буквально «горбом» выгнулась над грунтом из-за не снятых понтонов, которые после укладки трубопровода продолжали удерживать его на плаву и не давали трубопроводу занять проектное положение на дне.

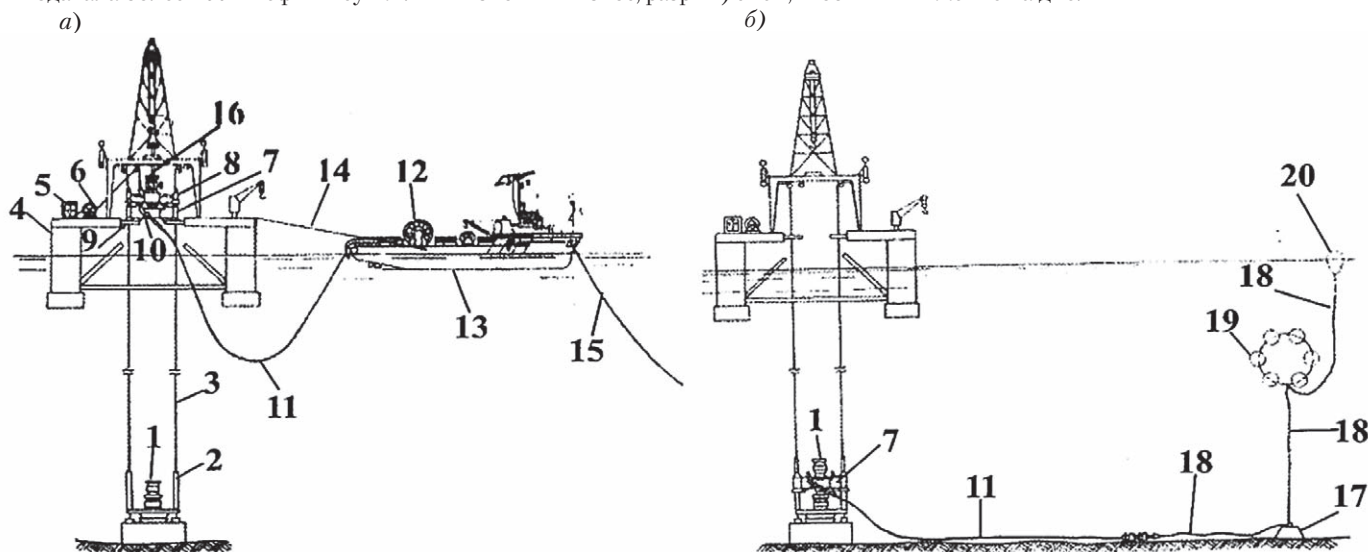


Рис. 16. Подготовка подводно-устьевого эксплуатационного оборудования к спуску и посадке на подводное устье скважины: а – подводная фонтанная арматура с присоединенной гибкой трубой перед спуском; б – посадка подводной фонтанной арматуры на подводное устье скважины
1 – устьевая головка; 2 – направляющая стойка; 3 – направляющий канат; 4 – ППБУ; 5 – пульт дистанционного гидравлического управления; 6 – барабан шланг-кабеля; 7 – подводная фонтанная арматура; 8 – нижняя секция стояка заканчивания; 9 – створка шахты в палубе ППБУ; 10 – фланцевое соединение; 11 – гибкая труба; 12 – барабан с гибкой трубой; 13 – трубоукладочное судно; 14 – швартовный канат; 15 – якорная цепь; 16 – буровая труба; 17 – якорь буйкового каната; 18 – канат; 19 – подводный буй; 20 – надводный опознавательный буй

Из-за отсутствия соответствующей техники и технологии (гипербарической сварочной камеры, НПА и т.д.) ликвидация данной аварии под водой не представлялась возможной. Было принято решение – ремонт вести методом подъема обоих концов на поверхность, и, соединив концы вставкой из гибкого трубопровода, вновь опустить трубопровод на дно.

Однако в результате такой технологической операции в процессе подъема и спуска трубопровода с большой глубины под воздействием значительных напряжений, возникающих при его изгибе, трубопровод дважды разрывался в новых местах.

Учитывая, что метод соединения плетей подводных трубопроводов над поверхностью моря наиболее пригоден для использования на сравнительно малых глубинах и при незначительных волнениях, было принято новое решение: разрезать поврежденный участок, поднять на поверхность только один конец (оставив второй конец на дне) и, постепенно наращивая поднятый конец трубопроводной плети новыми трубными секциями, двигаться в направлении мелководья и на глубине, обеспечивающей безопасную укладку, в рамках действия допускаемых напряжений выполнить стыковку свободных концов трубопроводов (вновь наращенной трубопроводной плети с ранее уложенным трубопроводом).

Рассмотренный пример показывает, к чему могут привести нарушения технологического характера. На ликвидацию данной аварии, происшедшей по вине и халатности строителей, оставивших на уложенном трубопроводе понтоны плавучести, ушло более трех месяцев, в течение которых бездействовали многодебитные скважины.

Причины аварии. В абсолютном большинстве аварийных происшествий прослеживается совокупность причин и обстоятельств, которые обуславливают конкретную аварию.

К таким причинам относятся:

- техническое состояние объекта;
- организационно-технологические мероприятия, применяемые в процессе освоения морского нефтегазового месторождения;
- природный фактор (состояние окружающей среды и ее воздействие на объект);
- взаимодействия человека с МНГС в конкретных условиях трудовой деятельности (человеческий фактор).

Анализ аварийных происшествий показывает, что наряду с перечисленными факторами значительная часть аварий прямо либо косвенно связана с влиянием человеческого фактора.

Именно поэтому в Резолюции

ИМО А.8884 (21) записано: «Анализ аварий и инцидентов на море, происшедших за последние 30 лет, вынудил международное морское сообщество и различные заинтересованные системы безопасности отойти от одностороннего подхода, сфокусированного на технических требованиях к конструкции и оборудованию и обратить внимание на роль человеческого фактора в безопасности на море и более полно учитывать его в рамках всей морской отрасли».

Под человеческим фактором (Human Factor) следует понимать возможности и способности человека по приему, обработке информации и принятию решений в различных условиях управления объектом.

Принимая во внимания актуальность и значимость человеческого фактора, возникает вопрос, почему в процессе организованной деятельности инженерно-технический персонал нарушает технологический регламент, правила технической эксплуатации, действует с нарушением существующих инструкций и положений, тем самым резко повышая возможность возникновения аварийной ситуации с получением травмы или с летальным исходом.

Ответ на этот закономерный вопрос очевиден – либо опасные ситуации, нарушения производственно-трудовой дисциплины, возникающие по вине человека, совершаются осознанно, намеренно либо по халатности, не сознавая свершившегося факта.

В первом варианте к этому приводит неудовлетворительная исполнительская дисциплина, нежелание выполнять технологический регламент в полном объеме с целью обеспечить «ускорения» производственных операций и «экономии» материальных ресурсов, игнорируя при этом резким возрастанием фактора риска возникновения аварии, который, по существу, присутствует на каждом МНГС.

Во втором варианте на лицо слабая профессиональная подготовка, некомпетентность, отсутствие производственного опыта у исполнителя.

Непременным условием надежного функционирования системы «человек–МНГС» должна быть профессиональная компетентность персонала, составными частями которой являются знание (профессиональное образование), умение (практический опыт, тренированность), дисциплинированность (способность четко выполнять требования правил, регламентов, инструкций и т.п.), добросовестность (чувство долга, обязательность, пунктуальность).

Вместе с этим следует отметить, что во всех аварийных случаях большое значение имеют психологические факторы,

наиболее опасный из них – эмоциональный стресс. Для нефтяников, которые в сравнении с моряками менее подготовлены практически и психологически к суровым обстоятельствам морской стихии, эти факторы зачастую играют определяющую роль.

Степень эмоциональной напряженности зависит от оценки человеком своей готовности к действиям в экстремальных ситуациях в условиях дефицита времени на принятие решения.

В контексте обеспечения безопасности МНГС необходимо повысить качество оценки рисков. Зачастую именно недооценка этого фактора приводит к возникновению аварийной ситуации.

В решении этой проблемы позитивным шагом было бы создание нефтегазодобывающими странами СНГ (по опыту Норвегии, Великобритании и др.) банка данных об авариях на МНГС.

Компьютеризированный банк данных является информационной картотеккой, которая выдает наиболее полные сведения о каждой аварии и характеристиках потерпевшего сооружения (дата, месторождения, вид аварии, тип и конструктивные особенности сооружения и т.д.), а также полное описание последовательности протекания аварии и ее последствий, что в итоге позволяет проведение расширенного статистического анализа.

Учитывая, что каждая авария – наглядный урок, поучительная история, создание банка данных обеспечило бы полноценной информацией о каждой аварии не только специалистов оффшорной промышленности, но и будущих инженерных кадров, чья профессиональная деятельность будет связана с проектированием и эксплуатацией МНГС.

В условиях интенсивного освоения морских углеводородных месторождений принципиальное значение имеет консолидация усилий проектных, научно-исследовательских и производственных структур по обеспечению высокого уровня проектирования и технической эксплуатации, организации четкого исполнения технологических регламентов и строгого надзора и контроля за техническим состоянием МНГС и т.п., что, несомненно, будет способствовать повышению безопасности и надежности нефтегазовых сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караев Р.Н. Выживание на море. – Баку: Элм, 2000.
2. Караев Р.Н., Исмаилов Ю.А. Руководство по сохранению человеческой жизни на море. – Баку: НИПИ «Гипроморнефтегаз», 2003.
3. Караев Р.Н. Морские сооружения для бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин. – СПб.: Изд. СПб ГМТУ, 2014. ■

В статье [1] рассмотрены перспективы создания высокоскоростного водного транспорта в Мьянме – стране, в которой в последние годы тенденции быстрого развития связаны, в частности, с интересом зарубежных инвесторов к ее портовой инфраструктуре. При анализе в [1] были использованы опубликованные данные о существующих в мире высокоскоростных однокорпусных судах и катамаранах, для которых характерно использование алюминия в качестве материала корпуса и высокооборотных дизельных двигателей, работающих на водометные движители или (реже) гребные винты.

В то же время опыт работы российских специалистов с развивающимися странами Индокитая показывает, что использование там высокотехнологичных решений не всегда оправданно. Ремонт алюминиевых корпусов требует освоения заводами соответствующих технологий, что может оказаться проблематичным в отсутствии в стране собственного алюминиевого судостроения. Применение высокооборотных дизелей предъявляет высокие требования как к квалификации механиков, так и к качеству топлива. Использование на высокооборотных дизелях наиболее дешевого тяжелого дизельного топлива невозможно. Учет приведенных эксплуатационных и кадровых ограничений при оценке перспектив развития высокоскоростного транспорта развивающихся стран заставляет прорабатывать альтернативные технические решения. Анализ применимости таких решений может представлять интерес для специалистов российского судостроения при оценке экспортного потенциала в области высокоскоростных судов.

В настоящей работе рассмотрены различные аспекты замены материала корпуса на судах-прототипах с алюминия на сталь, а также замены высокооборотных дизелей, обладающих высокой удельной мощностью, но требующих высококвалифицированного обслуживания, высококачественного топлива и характеризующихся наибольшим расходом топлива, на среднеоборотные дизели, в большой степени свободные от указанных недостатков.

Следуя [1], ниже оценка применимости альтернативных решений для

О ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОХОДНЫХ СУДОВ ДЛЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН ЗА СЧЕТ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

А.В. Пустошный, *д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН, гл. науч. сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр»*,

Вуина Мое, *аспирант СПбГМТУ, контакт. тел. +7(950) 034 4752, (911) 923 3016*

адаптации судов к условиям Мьянмы проводилась на базе анализа экономических характеристик их эксплуатации по критерию себестоимости перевозки одного пассажира при работе на дистанциях 305 и 150 миль. Было показано, что наилучшие экономические показатели перевозок высокоскоростными пассажирскими судами обеспечивались однокорпусным судном вместимостью 150 пассажиров со скоростью полного хода 30 уз и катамараном на 400 пассажиров со скоростью полного хода 40 уз. Проведенный в [1] анализ базировался на обобщении опубликованных характеристик существующих судов без проведения детальной проработки их проектов. Задачи настоящей работы потребовали проведения более детальных оценок, поэтому ниже анализ проводится применительно к реальным судам-прототипам, близким по характеристикам к «оптимальным» согласно [1], для которых можно было получить более полные проектные данные. В качестве таких судов были выбраны два проекта фирмы «MTD» (Санкт-Петербург), которая любезно согласилась сотрудничать в подготовке настоящего материала. Характеристики судов, выбранных в качестве прототипов, пред-

ставлены в табл. 1. Некоторые отличия характеристик судов-прототипов от данных для «оптимальных» судов согласно [1] не влияют на общность выводов настоящей работы.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МАТЕРИАЛА КОРПУСА

Увеличение водоизмещения. Оценка последствий замены материала корпуса с алюминия на сталь для судов-прототипов учитывалось в два этапа. На первом было оценено увеличение веса корпуса за счет большего веса стали по сравнению с алюминием при сохранении размеров корпуса. На втором этапе учитывалось необходимое увеличение размеров судна для компенсации увеличения веса и соответствующее дополнительное увеличение веса корпуса. Все оценки проводились на базе обобщающих материалов без разработки проектов судов.

Анализ литературы по высокоскоростным судам показал, что наибольший интерес для рассматриваемой задачи представляют результаты работы [2], в которой проведены оценки последствий изменения материала корпуса применительно к патрульным катерам (рис. 1).

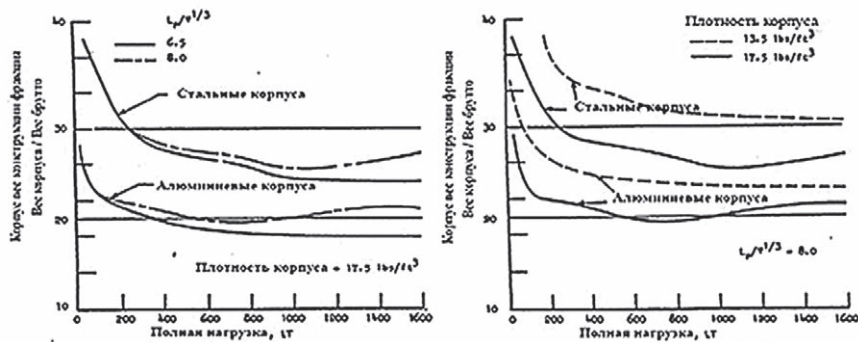


Рис. 1. Доля веса корпуса в зависимости от веса судна по данным [2]

Таблица 1

Характеристики судов, выбранных в качестве прототипов (данные «MTD»)

Проект	L, м	B, м	T, м	D, т	Dw, т	Пассажиро- вместимость, чел.	Мощность дв., кВт	Кол-во и тип двигателей	V, уз	Дальность, мили	Расход топли- ва, т/ч
Однокорпусное судно											
MH35	36,2	7,5	2,6	88	22,4	194	2×MTU16V 2000 M72	2×450 DD MJP	32	250	0,65
Катамаран											
M420	42,6	12	2,2	219	52	398	4×MTU 12V 4000 M71	550DD+DBMJP	40	200	1,77

Приведенные на рис. 1 графики показывают, что вес алюминиевого корпуса колеблется в пределах 18–25% полного водоизмещения (для дальнейших оценок принято 22%). Для стального корпуса для рассматриваемых в настоящей работе относительно небольших пассажирских судов эта величина может достигать 35–36% водоизмещения (принято 35%). Для однокорпусного судна результаты работы [2] использованы непосредственно, для катамарана с некоторой потерей точности эти результаты применены к одному корпусу с учетом того, что на него приходится половина водоизмещения.

Оценка увеличения веса корпуса при сохранении размеров проводилась методом последовательных приближений. В качестве нулевого приближения принималось исходное водоизмещение алюминиевого судна. Так, для однокорпусного судна водоизмещением 88 т вес алюминиевого корпуса (22% водоизмещения) составит 19,4 т, при тех же размерах вес стального корпуса в первом приближении (35% водоизмещения) равен 30,8 т. Новое водоизмещение стального судна составит во втором приближении $88 + (30,8 - 19,4) = 99,4$ т, вес корпуса $- 0,35 \times 99,4 = 34,8$ т. Продолжая расчет, получаем, что водоизмещение корпуса без учета необходимого увеличения размеров по отношению к алюминиевому судну составит 106 т. Таким образом, при сохранении размеров увеличение водоизмещения судна составит $(106 - 88)/88 = 0,204$, т.е. 20,4%.

Для компенсации такого увеличения водоизмещения пропорционально увеличим все размеры однокорпусного судна на коэффициент, равный корню кубическому из 1,204 (т.е. умножив длину, ширину и осадку на 1,063). Расчет методом последовательных приближений показал, что с учетом увеличения главных размеров, необходимого для компенсации увеличения веса стального корпуса по сравнению с алюминиевым, водоизмещение судна достигнет 118 т, т.е. увеличится на 34% (при пропорциональном увеличении всех размеров на 10%).

Совершенно аналогичным образом были получены данные о водоизмещении и размерах катамарана при замене материала корпуса с алюминия на сталь. При исходном водоизмещении катамарана с алюминиевым корпусом 219 т водоизмещение катамарана со стальным корпусом с учетом необходимого увеличения размеров на 10% составит 290 т, т.е. увеличится на 33%.

Оценка увеличения потребной мощности судов. С использованием результатов оценки изменения водоизмещения было оценено увеличение мощ-

ности, потребной для движения судов с сохранением скорости полного хода (30 уз для однокорпусного и 40 уз – для катамарана).

Для этого были использованы опубликованные В.Н. Аносовым [3] графики, отражающие статистику изменения параметра «пропульсивное качество» $p = g \times D \times V / N$ в зависимости от числа Фруда по водоизмещению. В этой формуле g – ускорение свободного падения; D – масса судна; V – скорость судна, уз; N – мощность энергетической установки, кВт. Согласно данным расчета (табл. 2), в которой, следуя [3], приведены оценки по статистике «для всех» / «для лучших» судов, при сохранении скорости хода для компенсации увеличения водоизмещения при переходе от алюминиевого корпуса к стальному, потребная мощность двигателей должна увеличиться для однокорпусного судна на 24%, для катамарана – на 27%.

Таблица 2
Увеличение потребной мощности при замене материала корпуса по данным [3]

Характеристика	Значения	
Материал корпуса	Алюминий	Сталь
Однокорпусное судно		
Водоизмещение D , т	88	118
Скорость, уз	30	30
F_n	2,33	2,23
P по данным [3]	6,4/7,6	7,0/8,2
Мощность, кВт	4046/3407	4961/4235
Коэффициент увеличения мощности		1,22/1,24
Катамаран		
Водоизмещение, т	219	290
Скорость, уз	40	40
F_n	2,67	2,55
P по данным [3]	6,6/7,5	6,9/7,9
Мощность, кВт	13020/11458	16526/14434
Коэффициент увеличения мощности		1,27/1,26

Мощность двигателей на исходных судах-прототипах была принята в соответствии с рекламными материалами фирмы «MTD» (для судна МН35 2×1440 кВт, на катамаране М420 – 4×1850 кВт). Полученные значения коэффициентов увеличения потребной мощности ниже будет использованы для анализа возможности применения на судах дизелей различных типов.

ПРОРАБОТКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НА СУДАХ СО СТАЛЬНЫМ КОРПУСОМ

Для оценки общих тенденций были проанализированы изменения массогабаритных характеристик дизелей различных типов в зависимости от мощности. Для этого были использованы каталоги дизелей фирм «MTU», «Wartsila», MAN. Для примера на рис. 2 приведена зависимость веса двигателей от мощности.

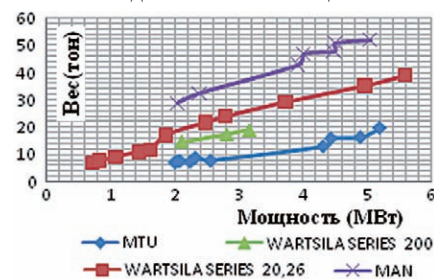


Рис. 2. Зависимость веса дизеля от мощности

Проведенный анализ выявил следующее:

1. Среднеоборотные двигатели MAN при всех значениях мощности имеют больший вес и габариты по сравнению с двигателями «Wartsila», поэтому в дальнейшем двигатели MAN были исключены из рассмотрения.

2. Существуют два различающихся типа двигателей «Wartsila»:

а) среднеоборотные серий «Wartsila 20» (мощность 700–1620 кВт) и «Wartsila 26» (1800–5300 кВт) с номинальной частотой вращения 1000 об/мин; эти дизели допускают работу с тяжелым топливом Dieseloil;

б) серия «Wartsila 200» с номинальной частотой вращения 1200–1500, которая является промежуточным решением между высокооборотными и низкооборотными дизелями и допускает только работу с легким дизельным топливом DieselFuel.

С учетом полученных выше коэффициентов увеличения мощности для судов со стальным корпусом при сохранении скорости полного хода первоначально была оценена новая потребная мощность высокооборотных дизелей MTU, для которых увеличение мощности на 20–30% не связано с драматическим увеличением веса и габаритов: для стального однокорпусного судна потребная мощность должна составлять минимум 1785 кВт, для катамарана – 2349 кВт. Были выбраны ближайшие дизели из мощностного ряда MTU. Сопоставление характеристик дизелей MTU с увеличенной мощностью дано в табл. 3.

Для среднеоборотных дизелей «Wartsila» картина принципиально другая. Сам факт перехода на средне-

Таблица 3
Сопоставление характеристик высокооборотных и среднеоборотных дизелей для однокорпусного судна со скоростью полного хода 30 уз

Характеристика	Исходный MTU	MTU увеличенной мощности	Среднеоборотный «Wartsila» из 20, 26 серий	«Wartsila», 200 серия
Марка	MTU 16V2000 M72	MTU12V4000M71	6L26A	12V200
Мощность, кВт	1440	1850	1860	2100
Длина, мм	2285	2910	4212	3918
Ширина, мм	1295	1520	1815	1768
Высота, мм	1390	1835	2823	2545
Вес, т	3,38	6,92	17,2	14,7

оборотные дизели приводит к существенному (в 2–3 раза) увеличению веса двигателя и габаритов. Ниже рассмотрены варианты замены высокооборотных дизелей на среднеоборотные дизели «Wartsila» из серий 20, 26, а также на промежуточные дизели серии 200. Данные для однокорпусного судна сведены в табл. 3.

В принципе, учитывая некоторое увеличение размерений судна при переходе от алюминиевого корпуса к стальному, увеличение габаритов дизелей не могло бы служить препятствием для применения их на судне. Однако критичным становится увеличение веса дизелей. По сравнению с весом высокооборотных дизелей, даже с учетом необходимого увеличения их мощности, увеличение веса среднеоборотных дизелей составляет 20,5 т (на два дизеля) для серий 20, 26 и на 15,6 т для серии 200. Это требует увеличения водоизмещения судна соответственно на 17 и 13% по сравнению с оцененной ранее без учета увеличения веса дизелей величиной 118 т. Такое дополнительное увеличение водоизмещения судна для компенсации увеличения веса дизелей соизмеримо с увеличением веса корпуса при замене алюминия на сталь.

На рис. 3 приведена сводная зависимость прогнозируемого увеличения мощности двигателей по отношению к мощности на исходном алюминиевом судне в предположении линейности этих изменений. При использовании графика необходимо учесть, что только

переход на стальной корпус потребовал увеличения мощности на 28% при водоизмещении 118 т, еще 5% увеличения мощности потребовалось бы при учете увеличения веса высокооборотных двигателей (водоизмещение – 125 т). В случае замены дизелей на среднеоборотные водоизмещение было оценено величиной 140,6 т с дизелями серии 200 и до 145,6 т с дизелями 6L26A. Еще на 10% необходимо увеличить водоизмещение для компенсации веса дизелей, при этом водоизмещение увеличится соответственно до величин 154 и 160 т. Суммируя сказанное, потребная мощ-

С учетом изложенного применение среднеоборотных дизелей целесообразно рассматривать с одновременным снижением мощности и скорости полного хода. Например, снижение мощности двигателя вдвое привело бы к снижению веса среднеоборотного двигателя до уровня веса высокооборотного двигателя, потребного для поддержания скорости 30 уз на стальном судне (дизель марки 5L20 мощностью 850 кВт имеет вес по 7,5 т), однако в этом случае скорость судна составила бы, согласно выполненным приближенным оценкам, около 23 уз. Рассматривая работу судна на дистанции 270–305 миль, получим продолжительность рейсов около 12–13 ходовых часов. Это выходит за нормативы времени перевозки пассажиров в креслах, но, по опыту авиации, остается приемлемым. Поэтому ниже будут оценены экономические аспекты такой замены для однокорпусного судна.

Данные аналогичного анализа для катамарана сведены в табл. 4. Из нее видно, что применение среднеоборотных дизелей серий 20 и 26 и даже промежуточной серии 200 приводит к увели-

Таблица 4
Сопоставление характеристик высокооборотных и среднеоборотных дизелей для катамарана с вариацией скорости полного хода

Характеристика	Исходный MTU	MTU увеличенной мощности	Среднеоборотный «Wartsila» 20, 26 серий	«Wartsila» 200 серия	«Wartsila» 30 уз, 4 дв.	«Wartsila» 30 уз, 2 дв.	«Wartsila» 23 уз, 4 дв. (схема)	«Wartsila» 23 уз, 2 дв. (схема)
Марка	MTU12 V4000 M71	MTU16 V396 TB94	8L26A	16V200	9L20	12V26A	5L20	6L26A
Мощность, кВт	1850	2560	2480	2800	1620	3720	825	1860
Длина, мм	2910	3875	5249	4512	4076	5124	2833	4212
Ширина, мм	1520	1420	1863	1840	1713	2474	1567	1815
Высота, мм	1835	2060	2838	2825	2073	3415	2148	2823
Вес, т	6,92	7,85	21,8	17,5	11,6	29,2	7,8	17,2

ность на стальном судне со среднеоборотными дизелями должна увеличиться по сравнению с судном с алюминиевым корпусом и высокооборотными дизелями на 60–75%.

чению веса каждого из четырех дизелей, соответственно на 14 и 10 т по сравнению с высокооборотным дизелем MTU мощностью 2560 кВт, необходимой для движения судна со стальным корпусом на скорости 40 уз. Увеличение водоизмещения судна на 40–56 т (13–20% от 290 т) повлечет за собой необходимость увеличения размерений и, соответственно, дополнительного 10% увеличения веса корпуса с дальнейшим увеличением мощности, запасов топлива и т.д. Как и в случае с однокорпусным судном, такой вариант признан не пригодным для дальнейшей проработки.

Однако в отличие от однокорпусного судна для катамарана оказалось целесообразным рассмотреть две возможности: снижение скорости до 30 уз (что еще позволяет оставаться в рамках концепции высокоскоростного судна) и выбор

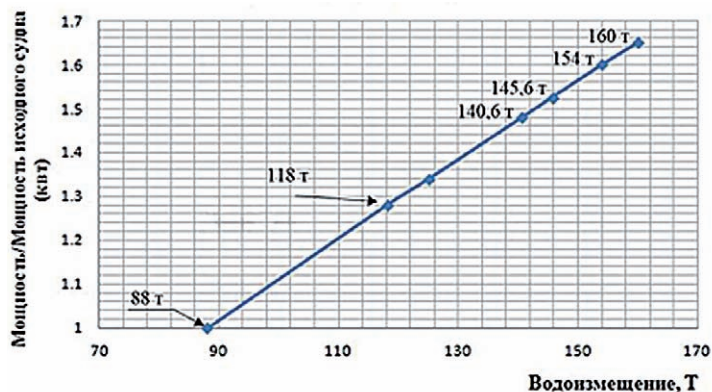


Рис. 3. Рост потребной мощности для сохранения скорости 30 уз с ростом водоизмещения однокорпусного судна

**Составляющие себестоимости перевозки для дистанции 305 миль
с заходом в промежуточный порт**

№	Показатель	Однокорпусное судно			Катамаран			
1	Пассажировместимость, чел.	200	200	200	400	400	400	400
2	Скорость, уз	30	30	23	30	40	40	23
3	Вариант судна	ВО, АЛ	ВО, СТ	СО, СТ	СО, СТ	ВО, АЛ	ВО, СТ	СО, СТ
4	Провозная способность	43 200	43 200	43 200	86 400	86 400	86 400	86 400
5	Стоимость, млн. долл.	4,3	5,55	2,55	10,5	11,8	15,4	6,4
6	Постоянные расходы, долл.	1597,5	2030,1	992	3757,2	4207	5452,7	2338,5
7	Переменные расходы, долл.	4114,5	5148,6	1933,2	4935,3	7308,1	9844,8	3866,4
8	Себестоимость, долл.	35,70	44,87	18,28	27,16	35,98	47,80	19,39

Примечание: ВО – высокооборотный дизель, СО – среднеоборотный дизель, СТ – стальной корпус, АЛ – алюминиевый корпус

среднеоборотного двигателя, вес которого был бы равен весу высокооборотного, обеспечивающего скорость 40 уз.

Для обоих вариантов дополнительно была рассмотрена возможность перехода от схемы с четырьмя двигателями к схеме с двумя двигателями (с негативным результатом). Данные о весах дизелей для указанных вариантов приведены в табл. 5. При снижении скорости ниже 30 уз некоторые резервы по снижению водоизмещения могут заключаться в применении двух водометных движителей вместо четырех, однако такая оценка выходит за рамки задач настоящей работы и возможна только при детальной проработке проекта судна, так как требует определения допустимых габаритов движителей, проработки необходимого редуктора и т.д.

Таким образом, результаты проведенного рассмотрения позволяют выбрать для дальнейшего анализа экономических характеристик эксплуатации следующие суда со стальным корпусом:

1. Однокорпусное судно, пассажировместимость – 200 пассажиров:

– исходный вариант: алюминиевый корпус, высокооборотные дизели 2×MTU16 V2000 M72, мощностью 2×1440 кВт, скорость полного хода 30 уз, водоизмещение 88 т;

– стальной корпус, скорость полного хода 30 уз, высокооборотные дизели 2×MTU12 V4000 M71, мощностью 1850 кВт, водоизмещение 125 т;

– стальной корпус, среднеоборотные дизели 2×5L20 мощностью 2×850 кВт, скорость полного хода 23 уз, водоизмещение 125 т.

2. Катамаран, вместимость – 400 пассажиров:

– исходный вариант: алюминиевый корпус, 4 дизеля 4×MTU12 V4000 M71 мощностью 4×1850 кВт, водоизмещение 219 т, скорость полного хода 40 уз;

– стальной корпус, высокооборотные дизели 4×MTU16 V396 ТВ94 мощностью 4×2560 кВт, скорость полного хода 40 уз, водоизмещение 290 т.

– стальной корпус, среднеоборотные дизели 4×9L20 мощностью 4×1620 кВт, скорость полного хода 30 уз, водоизмещение 295 т;

– стальной корпус, среднеоборотные дизели 4×5L20 мощностью 4×850 кВт, скорость полного хода 23 уз, водоизмещение 290 т.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОКОРПУСНОГО СУДНА И КАТАМАРАНА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ МАТЕРИАЛА КОРПУСА И ТИПОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Вышеприведенные данные для семи судов, выбранных для экономического анализа, позволили аналогично [1] рассчитать постоянные и переменные

расходы в сутки, суммарную провозную способность судов, себестоимость перевозки одного пассажира в день на дистанции 305 миль с заходом в промежуточный порт с учетом продолжительности навигационного периода 270 сут. Для указанной дистанции 305 миль в табл. 5 приведены составляющие расходов для различного варианта судов, а на рис. 4 в виде диаграммы представлено сопоставление себестоимости перевозки для судов различных типов.

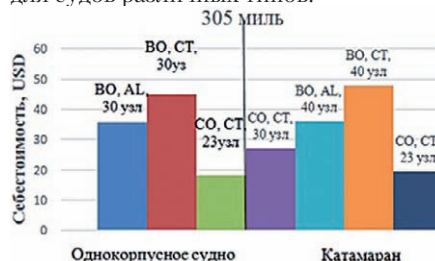


Рис. 4. Диаграмма себестоимости судов на дистанции 305 миль в зависимости от типа судна

ВЫВОДЫ

1. Для однокорпусных судов со скоростью 30 уз на 200 пассажиров и катамаранов со скоростью 40 уз на 400 пассажиров замена только материала корпуса приводит к 30%-ному увеличению себестоимости перевозок. При этом примерно равный вклад вносят как постоянные затраты (27–29% за счет увеличения стоимости более мощного дизеля и увеличения веса и стоимости корпуса даже с учетом применения более дешевой стали), так и переменные расходы за счет увеличения расхода топлива (25% для однокорпусных судов и 34% для катамаранов).

2. Снижение скорости полного хода до 23 уз и потребной мощности примерно вдвое позволяет использовать среднеоборотные дизели для судов обоих типов. Себестоимость перевозки одного пассажира в этом случае для катамарана и однокорпусного судна практически одинакова и составляет около половины (51%) себестоимости перевозок на

судах-прототипах с алюминиевым корпусом, высокооборотным двигателем и со скоростью 30 уз для однокорпусного судна и 40 уз для катамарана. Относительно тихоходные суда со скоростью полного хода 23 уз могут рассматриваться как низкобюджетные, но достаточно утомительные транспортные средства для рассматриваемой дистанции 305 миль и существенно более привлекательные для дистанции 150 миль, где продолжительность их рейса в один конец составляет 6,5 часов.

3. Для катамарана возможно применение стального корпуса и среднеоборотного двигателя со скоростью 30 уз, в этом случае себестоимость перевозки одного пассажира будет меньше, чем на алюминиевом судне-прототипе на 23%, что привлекательно с коммерческой точки зрения. Хотя такой катамаран и проигрывает по себестоимости на 40% катамарану со скоростью полного хода 23 уз, однако сама себестоимость (27 и 19 долл. соответственно) существенно меньше, чем у судна-прототипа (36 долл.), так что катамаран со скоростью 30 уз может считаться достаточно бюджетным средством.

4. Учитывая преимущества по ремонту и эксплуатации стального судна с среднеоборотным двигателем в условиях развивающихся стран быстроходный катамаран со стальным корпусом и среднеоборотным дизелем со скоростью полного хода 30 уз может оказаться наиболее перспективным для высокоскоростных пассажирских перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Пустошный, Вунна Мое. Перспективы развития высокоскоростного водного транспорта Мьянмы // Морской вестник. – 2016. – № 3(59). – С. 92–95.
2. Savitsky Gore. ARe-Evaluation of the Planning Hull Form, 1979, p.160.
3. В.Н. Аносов. Быстроходные суда в конце XX столетия. – СПб.: Политехника, 2002, с. 101–102. ■

Актуальность данной статьи обусловлена тем, что в 2016 г. исполнилось 150 лет со дня основания Научно-технического общества (НТО) судостроителей им. акад. А.Н. Крылова. Этой знаменательной дате и многогранной деятельности НТО, а также 150-летию Русского технического общества, в котором и зародилось НТО как IV отдел «Судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства», посвящены многочисленные юбилейные мероприятия в Санкт-Петербурге.

Многое положительное из того, что было в истории НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, может и должно быть востребовано в современных условиях. В юбилейной статье [1] Президент Российского НТО судостроителей имени акад.

А.Н. Крылова Герой России, д-р техн. наук, профессор В.Л. Александров весьма точно отметил, что «Российское НТО судостроителей за время своей деятельности расширило масштаб вовлечения ученых и инженеров в свои ряды, во многом перешагнув ведомственные границы прежнего Минсудпрома СССР».

Одной из таких областей деятельности НТО является деятельность по развитию федеральной системы поисково-спасательного обеспечения (ПСО) морской деятельности (МД), которой и посвящена данная статья.

Известно, что все этапы развития спасательного, водолазного и судоподъемного дела в России теснейшим образом связаны с развитием судостроительной науки и техники, с именами известных ученых нашей страны, которые внесли значительный научный и практический вклад в решение многих проблем.

Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова на протяжении всей своей истории всегда активно и плодотворно решало вопросы, связанные с созданием и развитием поисково-спасательной техники и технологий, аварийно-спасательного и судоподъемного дела.

Так, теоретические вопросы судоподъема успешно разрабатывались академиками А.Н. Крыловым, Ю.Л. Шиманским, П.Ф. Папковичем, профессором В.Г. Власовым и другими учеными и инженерами-кораблестроителями. В подготовленных «Соображениях о подъеме линейного корабля «Императрица Мария» в 1917 г. академик А.Н. Крылов разработал не только теоретические основы способа подъема опрокинувшегося корабля вверх килем путем продвки воздухом его внутренних отсеков, но и разработал довольно подробно общую технологию выполнения таких работ.

В 1931 г. был создан Научно-технический совет экспедиции подводных работ особого назначения (ЭПРОН), в который наряду со специалистами Главного управления ЭПРОНа вошли ведущие ученые в области кораблестроения – академик А.Н. Крылов, члены-корреспонденты АН СССР Ю.А. Шиманский и П.Ф. Папкович, профессор В.Г. Власов и в области физиологии водолазного труда – академик Л.А. Орбели, член-корреспондент АН СССР Е.М. Крепс, а также ряд известных конструкторов судостроительной промышленности и опытных моряков ЭПРОНа.

Научно-технический совет рассматривал и утверждал проекты крупных судоподъемных и аварийно-спасательных работ, конструкции новых спасательных судов, понтонов и других технических средств. Материалы заседаний совета и отчеты по наиболее интересным судоподъемным работам публиковались в периодически издаваемых сборниках «ЭПРОН», в которых печатались также работы ученых в области теории судоподъема, широко освещались проблемы практической деятельности ЭПРОНа.

РОССИЙСКОЕ НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАДЕМИКА А.Н. КРЫЛОВА И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКОВО- СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А.Н.КРЫЛОВА

В.Н. Илюхин, д-р. техн. наук, проф., председатель Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий, контакт. тел. (812) 927 8501

Академик А.Н. Крылов говорил: «Описание бывших аварий, критический разбор их причин, широкое и правдивое о них оповещение могут способствовать предотвращению аварий или, по крайней мере, способствовать устранению повторения аварий, уже бывших ранее. Этот критический разбор покажет, что часто истинная причина аварии лежала не в действии неотвратимых и непреодолимых сил природы, не в «неизбежных случайностях на море», а в непонимании основных свойств и качеств корабля, несоблюдении правил службы и самых простых мер предосторожности, непонимании опасности, в которую корабль ставится, в небрежности, неосторожности, отсутствии предусмотрительности и тому подобных отрицательных качествах личного состава. Вот здесь-то широкое оповещение и может способствовать превращению этих отрицательных качеств в положительные». Именно поэтому с целью принятия комплекса мероприятий по спасанию человеческой жизни на море и оказания помощи терпящим бедствие аварийным кораблям судам с учетом уроков и выводов аварий и катастроф на море, включая гибель в 1989 г. АПЛ «Комсомолец», определения путей совершенствования взаимодействия при проведении поисково-спасательных операций, разработки основных направлений координации научно-технической политики при создании сил и средств ПСО МД Всесоюзное НТО судостроительной промышленности имени акад. А.Н. Крылова (оно так тогда называлось) 26–28 ноября 1991 г. в Санкт-Петербурге организовало и провело 1-ю Всесоюзную научно-техническую конференцию «Проблемы спасения людей на море и оказания помощи аварийным кораблям и судам». В работе конференции приняли участие более 300 специалистов из 125 организаций различных министерств и ведомств страны. В результате обсуждения 95 докладов на пленарных и секционных заседаниях были разработаны соответствующие рекомендации (рис. 1).

Первая Всесоюзная научно-техническая конференция «Проблемы спасения людей на море и оказания помощи аварийным кораблям и судам» определила основные проблемы ПСО МД в организационно-правовой, научно-технической и экономической областях и пути их решения.

Для реализации рекомендаций 1-й Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы спасения людей на море и оказания помощи аварийным кораблям и судам» и других поступивших в НТО предложений оргкомитетом конференции было подготовлено обращение председателя Центрального правления НТО судостроителей имени акад. А.Н. Крылова академика И.В. Горынина от 25 февраля 1992 г. к Президенту Российской Федерации Б.Н. Ельцину (рис. 2) с предложениями по комплексному решению проблем спасения, предупреждения чрезвычайных ситуаций на море и ликвидации их последствий.



РЕКОМЕНДАЦИИ

ПЕРВОЙ ВСЕСОЮЗНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «ПРОБЛЕМЫ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ
НА МОРЕ И ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ АВАРИЙНЫМ
КОРАБЛЯМ И СУДАМ»

26–28 ноября 1991 г.

г. Санкт-Петербург



1992

Обложка итогового документа 1-й Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы спасения людей на море и оказания помощи аварийным кораблям и судам»

В разработке указанных предложений самое активное участие принимали специалисты секции «Спасательных и судоподъемных работ» НТО им. акад. А.Н. Крылова (действовала до 2001–2002 гг.), которой руководил ветеран Аварийно-спасательной службы ВМФ В.В. Власов, 40 НИИ МО СССР, ПСС ВМФ, Институт проблем транспорта АН СССР и ряд других организаций.

Подавляющая часть предложений НТО судостроителей была включена в Постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 01.03.1993 г. № 174 «О совершенствовании деятельности ведомственных аварийно-спасательных служб по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России» (рис. 3). Следует подчеркнуть, что во исполнение данного Постановления Совета Министров с 1993 г. по 1999 г. был выполнен комплекс мероприятий по совершенствованию системы поиска и спасания на море, в том числе были разработаны:

а) структура, состав сил и средств, нормативы обеспечения необходимыми силами и средствами ведомственных аварийно-спасательных служб (утверждены руководителями соответствующих ведомств);

б) положение о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России (зарегистрировано в Минюсте России 28.07.1995 г., регистрационный № 917);

в) региональные планы подготовки к взаимодействию сил и средств, предназначенных для поиска и спасания людей, терпящих бедствие на море и водных бассейнах России (утверждены руководителями соответствующих ведомств);

б) Федеральный план поиска и спасания на море и водных бассейнах России. Постановлением Правительства РФ от 26 августа 1995 г. № 834 утвержден План взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при проведении работ по поиску и спасанию людей на море и в водных бассейнах Российской Федерации;

г) Государственная целевая программа по строительству спасательных судов и катеров (в том числе буксиров-спаса-

СОЮЗ НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ
ОБЩЕСТВ СССР
Всесоюзное научно-техническое общество
судостроительной промышленности
имени академика А. Н. Крылова
ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ
191011, Ленинград, Невский пр., 44.
Телерадио: Ленинград, «Шанс».
Телефакс: 315-50-277, 210-34-35.
Телексерный счет 19000700278 в Кубанском
отделении Железнодорожного Ленинграда, МФО 17111.

ПРЕЗИДЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЕЛЬЦИНУ Б.Н.
МОСКВА, КРЕМЛЬ

25.02.92г. № 20

На № _____ от _____

К Вам обращается научная общественность старейшего Всероссийского научно-технического общества судостроителей (ВНТОС) имени академика А.Н.Крылова в связи с критическим состоянием вопроса обеспечения безопасности человеческой жизни на море, экологической чистоты прибрежных морей и внутренних водных бассейнов России и освоения её морских богатств.

Ряд наших предложений по указанным проблемам были использованы ранее при подготовке Постановления Совета Министров СССР от 15.01.91г. № 48 "О мерах по повышению безопасности на море, совершенствованию аварийно-спасательного дела и комплекса работ по ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов и других вредных химических веществ в море".

Однако, разрушение структур Союза не позволило в должной мере реализовать как Постановление № 43, так и другие решения, касавшиеся указанных проблем. Вместе с тем, эти проблемы не исчезли, а углубились и обострились.

Основная тяжесть по их решению легла на Россию.

Изменившаяся политическая и экономическая обстановка требует коренного пересмотра ранее принятых концепций с учетом существующих реалий, требует разработки единой государственной политики по решению указанных задач.

2.

Учитывая важность и государственное значение поставленных вопросов просим Вас рассмотреть наши предложения с предоставлением в ближайшее время возможности докладов:

- по проблеме спасения, предупреждения чрезвычайных ситуаций на море и ликвидации их последствий в Государственном Комитете при Президенте Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
- по проблемам экологической чистоты и освоения ресурсов морей и водных бассейнов России в Комитете по экологии и подкомитете по конверсии Верховного Совета Российской Федерации.

Приложение: Предложения по организации работ.

Председатель Центрального правления
НТО судостроителей им.акад.А.Н.Крылова,
академик

И.В.Горнин

Письмо председателя Центрального правления НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова президенту РФ Б.Н. Ельцину

телей, рейдовых водолазных ботов, самоходных поворотных плавучих кранов), модернизации существующих и созданию новых средств выполнения поисковых, аварийно-спасательных, водолазных работ на море и водных бассейнах России.

Указанная государственная целевая программа в 1996–1997 гг. рассмотрена и одобрена Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации.

Реализация мероприятий, определенных Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.03.1993 г. № 4 позволила существенно повысить эффективность федеральной системы ПСО МД в течение 10–15 лет. Многие из разработанных документов действуют до настоящего времени. Вместе с тем за прошедший с 1993 г. период функционирования ведомственных аварийно-спасательных служб возник ряд противоречий в действующих нормативных документах федерального, регионального и ведомственного уровней, несогласованность ведомственных наставлений и руководств, что не позволяют обеспечить должный уровень координации и взаимодействия ведомственных аварий-



СОВЕТ МИНИСТРОВ — ПРАВИТЕЛЬСТВО
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 1 марта 1993 г. № 174

г. Москва

О совершенствовании деятельности ведомственных
аварийно-спасательных служб по предотвращению и
ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных
бассейнах России

В целях дальнейшего совершенствования деятельности
ведомственных аварийно-спасательных служб по обеспечению
предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных
бассейнах России Совет Министров — Правительство Российской
Федерации постановляет:

1. Образовать Межведомственную морскую координационную
комиссию по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на
море и водных бассейнах России при Государственном комитете
Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным
ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, возложить
на нее координацию деятельности министерств, ведомств и
организаций Российской Федерации по обеспечению единой
государственной политики в области предотвращения и ликвидации
чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России.

Возложить на указанный Комитет организационно-техническое
обеспечение Комиссии.

2. Установить, что Комиссия возглавляется первым заместителем
Председателя Государственного комитета Российской Федерации по
делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации

* В дальнейшем именуется Комиссия.

**Постановление Правительства Российской Федерации
от 1 марта 1993 г. № 174**

но-спасательных служб и формирований в повседневных
условиях и при возникновении на море аварий и аварий-
ных ситуаций. Часть проблем системного характера, выяв-
ленных после катастрофы в 2000 г. АПК «Курск», удалось
решить, а другие проблемы продолжали нарастать. Необходи-
ма корректура (разработка) нормативной правовой базы
государства в сфере ПСО на море с учетом определенного
специального уполномоченного государственного органа
и необходимых социальных институтов, осуществляющих
регламентацию вопросов предоставления государственных
услуг в сфере ПСО МД и координацию деятельности ава-
рийно-спасательных служб различных ведомств и коммер-
ческих организаций не только при решении ими задач поиска
и спасения людей на море и водах, ликвидации последствий
аварий, но и в повседневных условиях деятельности, вклю-
чая также развитие средств поиска и спасения на море, в
том числе в Арктике.

Решением заседания Президиума НТО судостроителей
им. акад. А.Н. Крылова в сентябре 2011 г. образована секция
«Поисково-спасательная техника и технологии», которая ста-
ла преемницей ранее действовавшей секции «Спасательных
и судоподъемных работ» и продолжила активно заниматься
вопросами развития федеральной системы ПСО МД.

Создание этой секции обусловлено объективной необходи-
мостью повышения уровня координации при осуществлении
единой технической политики в области создания поиско-
спасательной техники и технологий, которая неразрывна с
развитием корабельного и судового состава.

За 2011–2015 гг. секция «Поисково-спасательной техники
и технологий» провела и приняла участие в ряде междуна-
родных и всероссийских конференций, круглых столов, семина-
ров и заседаний, с участием представителей заинтересованных
научных, производственных и общественных организаций, на
которых рассмотрены, обсуждены и выработаны конкретные
рекомендации по актуальным проблемам и вопросам развития

поисково-спасательной техники и технологий, совершенство-
вания системы ПСО МД РФ. Знаменательным событием ста-
ло проведение НТО им. акад. А.Н. Крылова в 2009–2015 гг. 2-й
Всесоюзной научно-технической конференции по проблемам
спасания на море и ряда других.

Выработанные предложения и рекомендации членов сек-
ции по совершенствованию системы ПСО морской деятель-
ности учтены:

1. При подготовке, согласовании и утверждении 26 июля
2015 г. Президентом РФ «Морской доктрины РФ на период до
2030 года» [2] в разделе «Обеспечение безопасности морской
деятельности» в части поиска и спасания на море.

В соответствии с этой доктриной существенно расширены
вопросы обеспечения поиска и спасания на море, для решения
которых необходимо:

- совершенствовать существующую систему поиска и спа-
сания людей на море, основанную на взаимодействии
федеральных органов исполнительной власти, имеющих
в ведении силы и средства спасания, *под единым руко-
водством федерального органа исполнительной власти,
ответственного за поисково-спасательное обеспечение
морской деятельности в зонах ответственности Россий-
ской Федерации;*
- унифицировать ведомственные системы подготовки спе-
циалистов морских аварийно-спасательных служб и *сер-
тификации поисково-спасательной техники и лицензирова-
ния различных видов поисково-спасательной деятельности,*
включая развитие водолазного дела и водолазной меди-
цины на всех региональных направлениях национальной
морской политики;
- создать государственную глобальную автоматизирован-
ную систему мониторинга и контроля местоположения
российских судов и наблюдения за обстановкой в Миро-
вом океане, обеспечивающую международный обмен дан-
ными о местоположении зарубежных судов, находящихся
в территориальных водах Российской Федерации;
- обеспечить своевременное восстановление и обновление
судового состава аварийно-спасательного и вспомога-
тельного флота;
- создавать и развивать эффективные судовые, авиацион-
ные, глубоководные и роботизированные средства поиска
и спасания, оснащать ими аварийно-спасательные служ-
бы».

2. При подготовке окончательной редакции проекта Фе-
дерального закона «О государственном управлении морской
деятельностью РФ» в гл. 6. «Безопасность в сфере морской
деятельности» в части поиска и спасания на море.

3. В проекте «Концепции поисково-спасательного обес-
печения морской деятельности РФ на период до 2030 года».

4. При подготовке доклада от 5 ноября 2015 г. о первооче-
редных мерах по совершенствованию поисково-спасательно-
го обеспечения морской деятельности Научно-экспертному
совету Морской коллегии при Правительстве РФ.

Накопившиеся проблемы в развитии системы ПСО МД
неоднократно рассматривались на заседаниях Морской ко-
ллегии при Правительстве РФ по вопросам поиска и спасания
на море, (Протоколы заседаний от 6 апреля 2005 г. № МФ-
П4-16пр, от 24 декабря 2010 г. № 2 (19), от 4 декабря 2012 г.
№ 1 (22), от 27 сентября 2013 г. № 3 (29)), но должной реа-
лизации пока не нашли.

Это свидетельствует о необходимости подготовки про-
екта постановления или распоряжения правительства по
совершенствованию системы ПСО морской деятельности в
современных условиях с учётом предложений НТО судостро-
ителей им. акад. А.Н. Крылова от 5 ноября 2015 г., которые
планируется рассмотреть в ноябре 2016 г. на соответствующем
заседании научно-экспертного совета Морской коллегии при
Правительстве РФ.

Ведущая роль НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова в развитии федеральной системы ПСО МД обусловлена также и тем, что основой как отечественных, так и зарубежных морских аварийно-спасательных служб являются спасательные суда различного назначения, а одним из основных общепризнанным международных принципом спасания на море всегда был и остается в настоящее время принцип взаимопомощи кораблей и судов.

Отечественными судостроителями создано значительное количество эффективных судов поисково-спасательного обеспечения (ПСО). Среди них такие проекты спасательных судов, как 527, 530, 532, 535, 536, 537, 21300, уникальных спасательных подводных лодок проектов 940, 1840, спасательных буксирных судов проектов 5757, 712, 714, 1452, 733с, 1454, 1496, 8059.1, морских буксиров проектов, 315, 705Б, 3891, 528А, 386, 1458, 3981, 1496, 04983, судов ПСО приводившихся космических аппаратов проектов 596п, 745, 514, 1130, 1914, рейдовых буксиров проектов 378, 737, Р103А, Т-135, многоцелевого спасательного буксирного судна проекта В-208, водолазных судов проектов 535, 1198, 522, 608, рейдовых водолазных катеров проектов 1415рв, 376У, противопожарных судов и катеров проектов 1893, 1993, 14611, 364 и ряд других спасательных судов и катеров, которые принимали участие во многих поисково-спасательных операциях. Особо следует отметить уникальное спасательное судно «Коммуна» (до 1922 г. «Волхов»), на котором в 1915 г. был поднят Андреевский флаг, находящееся в строю по сей день и 100-летие которого отмечалось в 2015 г. в Севастополе.

Одной из стратегических задач, предусмотренных «Стратегией развития морской деятельности РФ до 2020 г.» [3], утвержденной Постановлением Правительства от 8 декабря 2010 г. № 2205-р, является комплексная модернизация и техническое перевооружение существующих сил и средств федеральной системы поиска и спасания на море.

Целевым показателем решения этой задачи является количество вновь созданных и модернизированных спасательных судов для Минтранса, Минобороны и МЧС России. Прогнозные значения целевого показателя – количество вновь созданных и модернизированных спасательных судов для указанных выше министерств на первом (2010–2012 гг.) и втором (2013–2020 гг.) этапах развития морской деятельности приняты равными соответственно 19 и 51 (всего 70 ед.) спасательных судов для всех региональных направлений.

В состав ФБУ «Морская спасательная служба Росморречфлота» вошло 35 новых спасательных судов, в том числе таких, как:

- многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 7 МВт пр. MPSV06;
- многофункциональное аварийно-спасательное судно мощностью 4 МВт пр. MPSV07;
- морское водолазное судно пр. SDS08;
- рейдовый водолазный катер пр. А-160;
- спасательный катер-бонопостановщик, пр. А40-2Б.

До 2020 г. в рамках государственных программ планируется построить еще около 25 ед. современных аварийно-спасательных судов и катеров. На данный момент спасательные суда Минтранса являются наиболее динамично обновляемыми по сравнению со спасательными судами аварийно-спасательных служб других министерств и ведомств.

В настоящее время судовой состав ПСО ВМФ интенсивно обновляется и включает шесть новых судов, построенных в рамках реализации Концепции развития поисково-спасательного обеспечения морской деятельности военно-морского флота на период до 2025 г. [4].

В 2015 г. на вооружение ВМФ поступили спасательное судно проекта 21300, спасательные буксирные суда проекта 22870, спасательные катера проектов 23370 и 23040.

До 2020 г. в дополнение к принятым в эксплуатацию планируется построить еще около 60 ед. современных спасательных судов и катеров, включая многофункциональные спасательные суда дальней морской и океанской зоны, а также многофункциональные спасательные суда ближней морской зоны. При сохранении нынешних темпов финансирования судовой состав системы ПСО ВМФ будет обновлен полностью к 2025 г. Для решения задач ПСО МД осуществляется развитие судового МЧС России, Береговая охрана пограничной службы ФСБ России и Федеральное агентство по рыболовству.

Устойчивой тенденцией развития спасательных судов ведомственных аварийно-спасательных служб является создание многофункциональных судов и использование на различных сменяемых модулей контейнерного типа (противопожарный, водолазный и др.) в зависимости от решаемых задач.

Актуальной задачей в развитии федеральной системы ПСО МД является необходимость *гармонизации ведомственных технических требований* к спасательным судам, что подтверждается опытом проведения большинства аварийно-спасательных работ. Проблемным вопросом, необходимостью решения которого диктуется сложными экономическими условиями в стране, является проведение *унификации всей номенклатуры* спасательных судов ведомственных аварийно-спасательных служб. Например, в настоящее время различными проектными бюро разработано пять проектов близких по своим характеристикам буксирных судов – 23470, 745, 02980, 22870, 22540.

Для решения этих и других ПСО МД РФ необходимо прежде всего внести изменения в руководящие документы федерального и ведомственного уровня в плане четкого разграничения ответственности каждого ведомства при ПСО морской деятельности РФ и выработки единой технической политики в данной области на государственном уровне. Ведущая роль при этом должна принадлежать специалистам НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова.

ВЫВОДЫ

1. Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова сыграло ключевую роль в развитии федеральной системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности в конце 90-х гг. XX и начале XXI вв. на основе подготовленных предложений по комплексному решению проблем ПСО МД, их включению в Постановление Правительства Российской Федерации от 1 марта 1993 г. №174 «О совершенствовании деятельности ведомственных аварийно-спасательных служб по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России» и последующей реализации.

2. Решение современных проблем развития федеральной системы ПСО МД целесообразно осуществлять на основе разработки проекта Постановления Правительства Российской Федерации «О совершенствовании поисково-спасательного обеспечения морской деятельности России», основным содержанием которого должно быть совершенствование нормативной правовой базы и развитие спасательных судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.Л. Российское и Международное НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова в развитии отечественного судостроения // Морской вестник. – 2016. – № 3(59). – С. 117–121.
2. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2030 года, утв. Президентом РФ 26.07.2015 г.
3. Стратегия развития морской деятельности РФ до 2020 г. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.12.2010 г. № 2205-р.
4. Концепция развития системы ПСО ВМФ до 2025 г. // Морская политика России. – 2013. – С. 64–69. ■

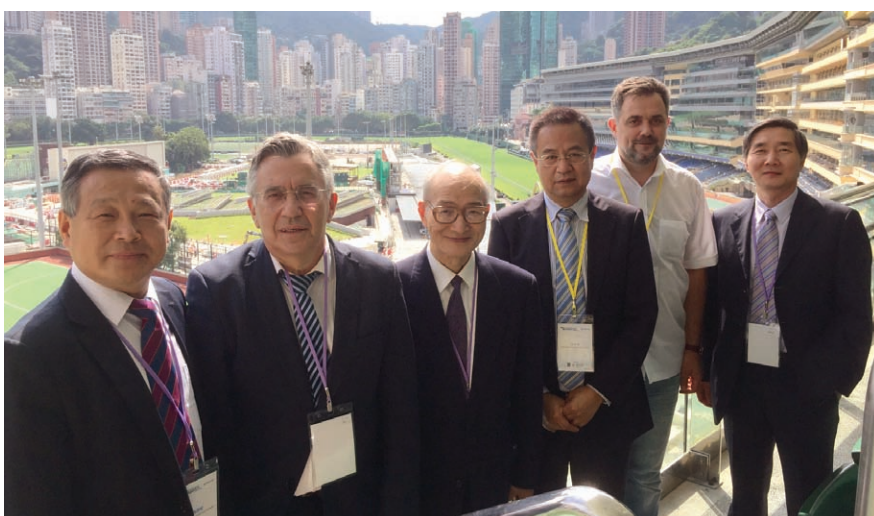
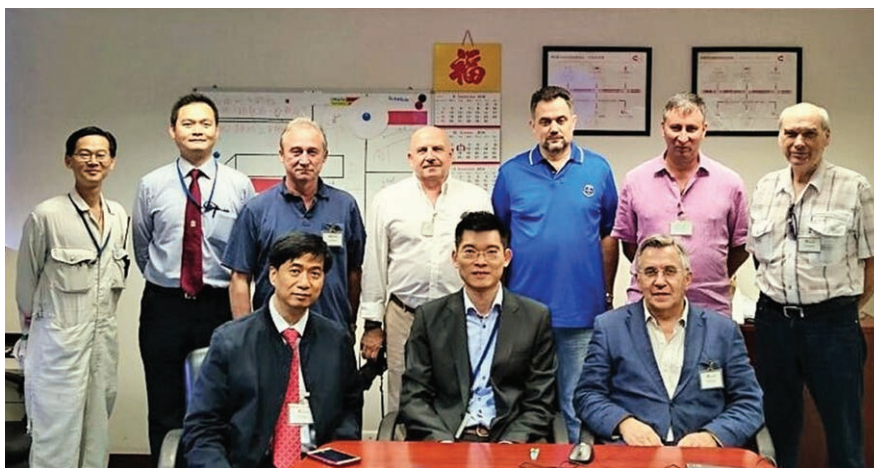
В середине октября делегация Российского Научно-технического общества судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, включающая представителей Канонерского судоремонтного завода, Центрального конструкторско-технологического института судоремонта и Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, приняла участие в работе Международной конференции АМЕС 2016, прошедшей в Гонконге под эгидой Паназиатской ассоциации морских инженерных обществ (РААМЕС).

Ассоциация, в которую с 2013 г. входит РосНТО судостроителей, включает научно-технические общества России, Китая, Юж. Кореи, Сингапура, Тайваня и Японии. Первая (учредительная) встреча представителей РААМЕС и Международная конференция прошли в 2004 г. в Шанхае. Затем последовали встречи и конференции в 2006 г. на о. Чеджу в Юж. Корее, в 2008 г. – в японском городе Чита, с 2010 по 2014 г. – в Сингапуре, Тайване и КНР. Согласно уставу Ассоциации ее целями являются содействие развитию морской науки и инжиниринга и повышению статуса морского инженера, поддержка предприятий морской промышленности, обмен научно-технической информацией, укрепление сотрудничества и кооперации между коллективными членами Ассоциации в азиатско-тихоокеанских странах и регионах. Конференция 2016 г. в Гонконге, в которой приняло участие более 200 делегатов, была организована усилиями Гонконгского института морских технологий (ГИМТ) с участием родственных профессиональных организаций. Тематика этого форума, посвященного «зеленому судоходству» и морскому инжинирингу, отражала разнообразные аспекты экологически приемлемых методов морской добычи углеводородов, использования возобновляемой энергии океана, вопросы инновационного проектирования судов и морской техники, международного морского права и безопасности судоходства, а также морского инженерного образования.

Можно заметить, что участие в работе РААМЕС–АМЕС 2016 вполне созвучно восточному вектору международной деятельности РосНТО. В 2008 г. большая делегация нашего общества по приглашению Корейского общества судостроителей посетила верфи «Hyundai Heavy Industries», «Samsung Heavy Industries Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering». В 2010 г. мы подписали соглашение о сотрудничестве с Обществом кораблестроения и океанотехники Японии и побывали на ведущих судостроительных предприятиях: «Mitsui Engineering & Shipbuilding», «Mitsubishi Heavy Industries», «Kawasaki Heavy In-

САНКТ ПЕТЕРБУРГ-ГОНКОНГ: МОРСКОЙ ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ СОТРУДНИЧЕСТВА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ

Н.М. Вихров, генеральный директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
Г.Н. Муру, исполнительный директор АО «51 ЦКТИС»,
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.,
вице-президент НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 714 2923



dustries». В 2011 г. РосНТО судостроителей при поддержке Сингапурского общества судостроителей провело в Национальном университете Сингапура заседание организационного комитета Всемирной морской технологической конференции, с успехом прошедшей в 2012 г. в Санкт-Петербурге. Начавшееся в том же году взаимодействие РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова с Шанхайским обществом судостроения и океанотехники тоже приносит хорошие плоды. Недавним подтверждением этого является согласованный с китайскими коллегами план участия нашей делегации в организуемой ими крупнейшей выставке морской промышленности Юго-Восточной Азии «Marintec China 2016», запланированной на начало декабря следующего года.

Члены делегации приняли участие также в заседаниях постоянно действующего Международного комитета РААМЕС, где, в частности, обсуждались темы проведения следующих конференций по морскому инжинирингу в Юж. Корее (2018) и в России (2020). О деятельности нашего общества, его опыте в проведении масштабных симпозиумов и о перспективах проведения конференции РААМЕС–АМЕС 2020 в Санкт-Петербурге сообщил в своей презентации вице-президент РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, профессор К.В. Рождественский. Соглашение о сотрудничестве подписали президент РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, профессор В.Л. Александров и Почетный президент ГИМТ Дэвид Ко.

Во время пребывания в Гонконге члены делегации посетили судовой верфь «Hongkong United Dockyards», занимающейся постройкой и ремонтом судов,



буксировкой и спасательными операциями. Кроме того, делегация побывала в Гонконгском морском спасательно-ко-

ординационном центре, деятельность которого осуществляется под эгидой Морского департамента Гонконга. ■



27 ноября 1945 г. Совет Народных Комиссаров СССР принял постановление «О десятилетнем плане военного судостроения». Новая программа стала по существу продолжением довоенной программы создания «Большого флота», по которой предусматривалось строительство головного линкора пр. 24 с 406-мм орудиями, четырех крейсеров пр. 82 с 305-мм артиллерией, тогда же в состав ВМФ должны были вступить и первые авианосцы.

Для боевого охранения этих гигантов, предназначенных для действий в океане, «30бис», созданные для условий Черного моря и Балтики, уже не подходили. Требовался принципиально новый «океанский» эсминец со скоростью полного хода на волнении не менее 36 уз, поскольку у крейсеров пр. 82 она должна была составлять 35 уз.

Тактико-техническое задание на разработку проекта нового эскадренного миноносца, получившего номер 41, было утверждено постановлением правительства от 14 июня 1947 г., этим же документом определялась и численность серии новых кораблей – 110 ед.

Создание корабля охранения для будущих океанских гигантов страны было делом приоритетным, поэтому работа шла по-авральному быстро: эскизный проект эсминца был утвержден 19 августа 1948 г., а еще через год, 28 сентября 1949 г., утвердили и технический проект.

Проектирование велось под руководством главного конструктора В.А. Никитина, его заместителями были Н.П. Соболев и О.Ф. Якоб. От ВМФ группу наблюдения возглавил инженер-капитан 2 ранга М.А. Янчевский.

Официальная закладка эскадренного миноносца, получившего название «Неустрасимый», состоялась 5 июля 1950 г. В декабре того же года планировалось развернуть строительство установочной серии и на других судостроительных заводах страны. 29 января 1951 г. «Неустрасимый» спустили на воду, а 26 января 1952 г. эсминец вышел на заводские ходовые испытания.

Корпус корабля (впервые применительно к эсминцам советской постройки) был выполнен гладкопалубным, с небольшой седловатостью в носовой части. Сто тридцать главных водонепроницаемых переборок делили его на 14 отсеков. Помимо верхней палубы имелись три промежуточные, из которых нижняя заканчивалась в районе машинно-котельных отделений (МКО), а еще ниже располагались две платформы. Подобная конструкция обеспечивала сквозной проход по кораблю без выхода на верхнюю палубу, что было особенно важно в штормовых условиях. Корпус корабля был полностью сварным, за исключением стрингерного угольника

КОРАБЛЬ, ОПЕРЕДИВШИЙ СВОЕ ВРЕМЯ

В.Е. Юхнин, д-р техн. наук, проф.,
академик Российской инженерной академии, АО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674



В. А. Никитин

верхней палубы. Главный командный пункт, ограждение ходового мостика, машинно-котельные автоматы, торпедные аппараты, а также стабилизированный пост наводки орудий имели броневую защиту толщиной от 8 до 20 мм.

При проектировании корабля удалось минимизировать количество надстроек. Корабль имел лишь достаточно компактную носовую надстройку и кожух машинного отделения. Все остальное конструкторам удалось убрать в корпус. Непотопляемость корабля были значительно выше, чем на эсминцах пр. 30бис. «Неустрасимый» мог оставаться на плаву при затоплении любых трех смежных отсеков (на кораблях пр. 30бис – двух).

Принципиально новой была двухвальная машинно-котельная установка пр. 41, размещенная в двух независимых автономных отсеках, образующих эшелоны с ГТЗА типа ТВ-8 проектной мощностью 33 000 л.с. и двумя главными котлами со всеми обслуживающими ме-

ханизмами. Автоматизированные котлы КВ-41 имели форсированное дутье непосредственно в топку и вырабатывали пар повышенных параметров с давлением до 64 кгс/см².

При этом главная энергетическая установка могла запускаться без предварительного прогрева. Она имела лучшую маневренность, пониженную частоту вращения гребных валов, меньшую массу (на 100 т легче, чем на эсминцах пр. 30бис) и гораздо меньшие габариты. Кроме того, на экономических ходах расход топлива был на 20% ниже, чем на пр. 30бис.

Однако на режиме полного хода экономичность ГТЗА оказалась ниже проектной, перерасход пара достигал 10% из-за малого КПД турбин высокого давления, плохого вакуума в конденсаторах и большого сопротивления выхлопу в турбинах низкого давления. Главные котлы, напротив, показали повышенный КПД на полной нагрузке (78% вместо 72%).

Электроэнергетическая система впервые на эсминцах выполнялась на трехфазном переменном токе (220 В, 50 Гц). Главные генераторные агрегаты (два турбогенератора по 400 кВт, два дизель-генератора по 200 кВт и один стояночный турбогенератор на 100 кВт) размещались в двух электростанциях – носовой и кормовой.

Главный калибр «Неустрасимого» состоял из двух двухорудийных 130-мм стабилизированных универсальных палубно-башенных установок СМ-2-1. Проектирование СМ-2-1 началось еще в 1943 г. Морским артиллерийским ЦКБ (с 1946 г. – КБСМ) под руководством Е.Г. Рудяка. Орудие разрабатывалось в ЦКБ-34 МОП, а изготавливалось на ленинградском заводе



Эсминец «Неустрасимый» пр. 41

«Большевик». Сама артустановка собиралась на заводе № 7, также расположенном в Ленинграде.

В основу проекта были положены технические решения, частично заимствованные у немецких конструкторов.

Характерными особенностями СМ-2-1 являлись длинноствольная, повышенной мощности баллистическая часть, а также механизм непосредственной стабилизации всей установки по углу наклона оси ЦАПФ. В лучшую сторону от немецкого аналога отечественную систему отличали более мощные орудия, размещение всего расчета под броневым прикрытием, наличие башенной системы ПУС с радиолокационным дальномером, а также более совершенная конструкция досылателя. Несмотря на то, что начальную скорость снаряда пришлось снизить с 1000 по ТТЗ до 950 м/с (что было сделано во избежание быстрого перегрева ствола и частых отрывов донца гильзы), артиллерийская система являлась мощнейшей в мире в своем калибре, обладала также наибольшей досягаемостью и точностью стрельбы.

Конструктивно орудие с длиной ствола 56 калибров имело клиновой затвор с полуавтоматическим и ручным приводом, а также пневматическую и ручную досылку. Углы вертикального наведения находились в пределах от +82° до -8°. Скорость вертикального и горизонтального наведения, осуществлявшегося при помощи электропривода, составляла 18 град./с (вручную - 2 и 3 град./с соответственно).

Палубно-башенная установка имела противопульное бронирование. Масса вращающейся части установки составляла 50,3 т, полная масса - 57 т. Боевой расчет состоял из 21 человека. Однако следует сказать, что с эксплуатационной точки зрения СМ-2-1 имела и существенный недостаток - она была открыта сзади, что создавало большой риск попадания воды внутрь установки на интенсивном волнении.

Артустановка оснащалась собственным радиолокационным дальномером «Штаг-Б». Максимальная дальность стрельбы была 28 км, а досягаемость по высоте - 20 км. Орудия монтировались на общем станке и раздельного вертикального наведения не имели. Заряжание осуществлялось полуавтоматически или вручную. В первом случае скорострельность составляла 14 выстр./мин. По 800 унитарных патронов хранилось в каждом из двух погребов и еще по 50 в кранцах первых выстрелов. Данные для стрельбы вырабатывала РЛС «Якорь-М» со стабилизированным постом наводки СПН-500, дальномером и системой ПУС.

Зенитная артиллерия включала четыре спаренных 45-мм стабилизи-

рованных автомата СМ-16 открытого типа и два счетверенных 25-мм автомата М-120. Первые имели дальность стрельбы по горизонту 10,5 км, по высоте - 6,9 км и скорострельность - 100 выстр./мин.

Управление огнем велось с местного поста или от ПУС МЗА, получавших данные от РЛС «Фут-Б».

Каждая полубатарея из двух автоматов имела свой артиллерийский погреб на 4000 патронов. Автоматы 4М-120 управлялись только вручную, имели дальность стрельбы по горизонту 4,8 км, досягаемость по высоте - 3,6 км и скорострельность одного ствола - 275-300 выстр./мин. Для них имелся общий артпогреб на 20 000 патронов.

Два пятитрубных 533-мм аппарата ПТА-53-41 с системой управления ПУТС «Сталинград Т-41», получавшей данные от РЛС «Заря», составляли торпедное вооружение «Неустранимого».

На минных рельсах размещалось 48 мин КБ. Для борьбы с подводными лодками имелось и шесть бомбометов БМБ-1 (по три на борт).

Радиотехническое вооружение общего назначения состояло из РЛС обнаружения воздушных целей «Фут-Н», надводных «Риф» и гидроакустической станции «Пегас».

Особенностью «Неустранимого» стала исключительно компактная главная энергетическая установка (ГЭУ), которая практически без каких-либо кардинальных изменений применялась на всех последующих проектах паротурбинных кораблей: эскадренных миноносцев пр. 56, больших ракетных кораблях пр. 57бис, ракетных крейсерах пр. 58, больших противолодочных кораблях пр. 1134 и пр. 1134А, противолодочных крейсерах (вертолетоносцах) пр. 1123 и, наконец, авианесущих крейсерах.

Тактико-технические характеристики эскадренного миноносца пр. 41

Водоизмещение, т:	
стандартное.....	3010
полное.....	3830
Размерения, м:	
длина наиб./по КВЛ.....	134,0/128,0
ширина наиб./по КВЛ.....	13,6/12,5
Осадка средняя.....	4,1
Скорость хода, уз:	
полного.....	33,5
экономического.....	14,1
Дальность плавания, мили.....	5210 (14,1)
Тип ГЭУ, мощность, л.с.....	КТУ, 62740
Экипаж, чел.....	305
Вооружение	
артиллерийское:	
главный калибр.....	2х2 - 130/56
зенитная артиллерия.....	4х4 - 45/70
зенитные автоматы.....	2х4 - 25
торпедное.....	2х5 533-мм ТА
минное.....	48 КБ-3
бомбовое.....	105 ББ-1
радиоэлектронное:	
РЛС обнаружения ВЦ.....	«Фут-Н»

РЛС обнаружения НЦ..... «Риф»
РЛС наведения орудий.... «Якорь-М»,
СПН-500
ГАС..... «Пегас»

Заводские ходовые испытания корабля начались в январе 1952 г., растянулись на два с половиной года и сопровождалась многочисленными доработками. В результате корабль имел всего 113 ходовых дней, пройдя около 1630 миль. Государственные испытания начались 2 августа 1954 г. и проходили сначала в Финском заливе, затем в Рижском заливе и, наконец, в открытой Балтике. 31 января 1955 г. «Неустранимый» был принят в состав ВМФ.

После сдачи «Неустранимый» находился в составе Балтийского флота. Наряду с обычной боевой подготовкой эсминца совершил и несколько заграничных плаваний, в том числе в Средиземное море. Затем он был переведен в Ленинградскую военно-морскую базу и пределы Балтики больше не покидал, ходил сравнительно мало, использовался, главным образом, для подготовки личного состава строящихся кораблей.

В 60-е гг. XX в. «Неустранимый» неоднократно принимал участие в праздничных торжествах на Неве в Ленинграде.

22 февраля 1974 г. корабль был исключен из состава флота и в 1974-1975 гг. разобран на металл, не прослужив в составе ВМФ СССР и двадцати лет. Корабль был просто не востребован в составе ВМФ СССР.

Линкоры пр. 24 и крейсера пр. 82 так и не были построены, авианосцы тоже были отложены на долгие годы. Кораблю охранения некого было охранять.

От строительства большой серии таких кораблей нужно было отказываться. Начали искать недостатки. Главным недостатком стал недобор скорости полного хода (33,5 уз вместо 36,0 уз) и дальности плавания (5210 миль вместо 5500 миль). В приемном акте по этому поводу отмечалось следующее: «Это произошло вследствие недостаточной проектной мощности механической установки и ошибок в методике расчета ходкости кораблей, применяемой в ЦНИИ-45».

По этой причине корабль сочли переразмеренным для решения поставленных задач, хотя и имеющим существенные запасы на модернизацию.

В техническом плане это был принципиально новый для отечественного флота корабль. Корпус эсминца был выполнен гладкопалубным с небольшой седловатостью в средней части. Кроме носовой надстройки, котельных кожухов на верхней палубе, не считая оружия, других надстроек не было. В корпусе почти отсутствовали иллюминаторы, что соответствовало новейшим требованиям по противоатомной защи-



Эсминец ВМС КНР типа «Luda»

те. Впервые на кораблях такого класса было применено бронирование жизненно важных районов корабля: главного командного пункта, ходового поста, кожухов машинно-котельных отделений, башен артиллерийского вооружения главного (130 мм) и зенитного калибра, торпедные аппараты, а также стабилизированный пост наводки орудий главного калибра. Толщина брони составляла от 8 до 20 мм.

Впервые в отечественном флоте были внедрены автоматизированные котлы, вырабатывающие пар повышенных параметров, электроэнергетичес-

кая система корабля была выполнена на переменном токе напряжением 220 В.

В связи с отказом от серийного строительства кораблей пр. 41 в июне 1951 г. вышло постановление правительства о проектировании и строительстве модернизированных эсминцев пр. 41. Новый проект получил номер 56. При его проектировании была поставлена задача устранить недостатки «Неустранимого»: недостаточную скорость, чрезмерное водоизмещение и не совсем удачное размещение зенитной артиллерии. Работу по созданию модернизированного (а по существу нового) корабля возглавил А.Л. Фишер.

В конце 50-х гг. проектная документация по пр. 41 были передана Китаю, где была построена серия эсминцев типа «Luda» с заменой двух пятитрубных торпедных аппаратов на две пусковые установки с 26 ракетами УРО. Эти корабли длительное время успешно эксплуатировались в составе ВМФ Китая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вместе с флотом России: К 65-летию Северного ПКБ /Под общей ред. ген. директора ОАО «СПКБ» В.И.Спиридопуло.— СПб.: ИД «Информ ВС», 2011. ■

Всоответствии с утвержденным исполнителем техническим проектом, откорректированным по решению №С-13/0833 от 16 апреля 1969 г., пограничный сторожевой корабль, предназначенный для охраны государственной границы СССР в мирное время и для борьбы с подводными лодками в ближней зоне в военное время, имел следующие основные тактико-технические элементы.

Вооружение: две 30-мм спаренные автоматические артиллерийские установки АК-230 с боезапасом 500 выстрелов на ствол и радиолокационной системой управления МР-104; четыре торпедных аппарата ОТА-40-204А с боезапасом (две торпеды СЭТ-40, и еще две принимались в перегруз по военному времени); два кормовых бомбосбрасывателя на шесть глубинных бомб ББ-1 каждый. Радиолокационная станция обнаружения 4Ц-30-125 с нестабилизированной антенной, РЛС опознавания «Нихром-РРМ», станция предупреждения об облучении СПО-3. Кроме того, имелись гидролокационная станция МГ-11, опускающая станция МГ-329, станция обнаружения подводных лодок МИ-110К.

ПОГРАНИЧНЫЙ СТОРОЖЕВОЙ КОРАБЛЬ «ТАРАНТУЛ»

ЧАСТЬ 3*

Д.Ю. Литинский, *вед. инженер АО ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 5598*

Основные технические характеристики

Водоизмещение, т:	
нормальное.....	228
полное	245
Макс. скорость хода, уз, при нормальном водоизмещении на глубокой воде при поднятом обтекателе ГЛС.....	35
Скорость экономического хода, уз, при опущенном обтекателе ГЛС	11,5
Мореходность, баллы, по использованию оружия:	
на скорости 30 уз	4
на скорости 25 уз.....	5
Способность держаться в море, баллы, (на острых курсовых углах к волне и ветре 11 баллов)	7
Дальность плавания эконом. ходом, мили: при полном запасе топлива и масла	1500
при запасе в перегруз	1850
Автономность, сут., по запасам пресной воды и провизии	10
Экипаж, чел.....	30 (в том числе четыре офицера)

Корпус ПСКР разделялся на десять отсеков девятью поперечными водонепроницаемыми переборками, установленными на 12-м, 18-м, 23-м, 28-м, 35-м, 37-м, 44-м, 47-м и 53-м шп.

В первом отсеке (форпик, 0 – 12-й шп.), вход в который осуществлялся через палубный люк, размещались цепной ящик, электрошпиль и стеллажи шкиперского имущества; во втором отсеке (12–18-й шп.) – восьмиместный кубрик с входом через водонепроницаемую дверь в переборке 18-го шп. и запасным выходом через палубный люк.

В третьем отсеке (18–23-й шп.) находился десятиместный кубрик с входом по наклонному трапу из надстройки и через водонепроницаемую дверь в переборке 18-го шп.

* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №2(58), часть 2 – см. «Морской вестник», 2016, №3(59).

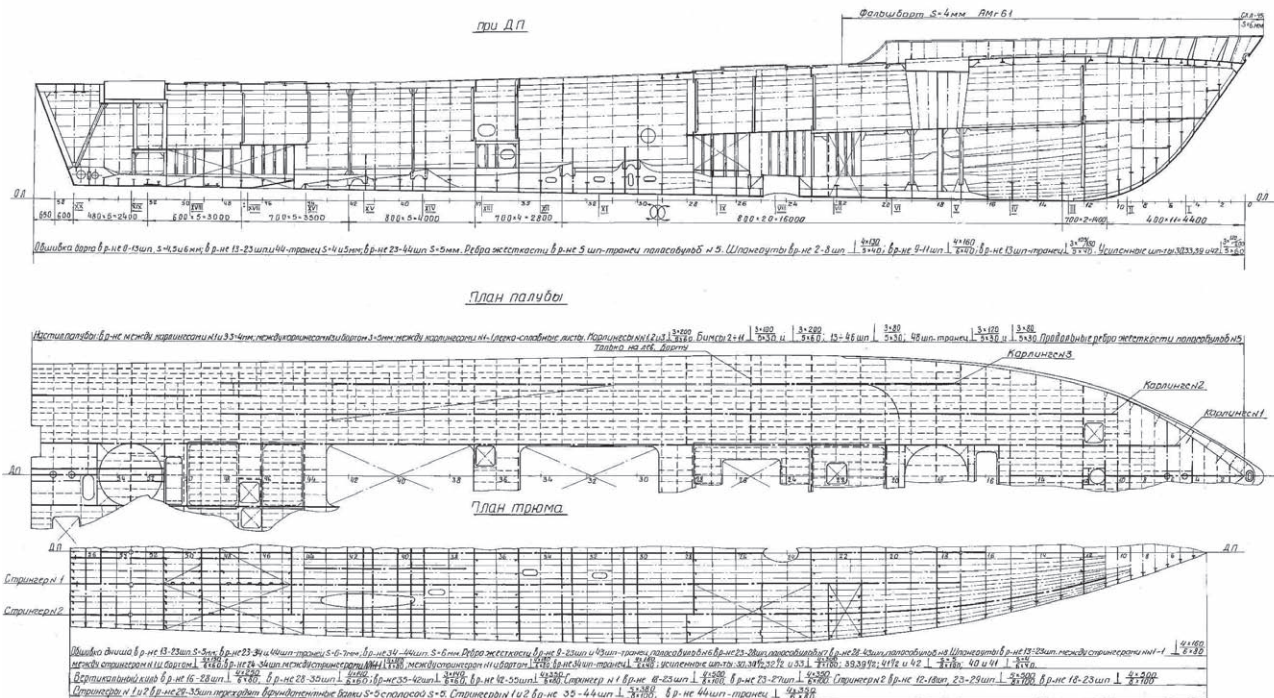


Рис. 1. Схема набора корпуса

В четвертом отсеке (23–28-й шп.) располагались радиорубка, посты спецсвязи, гидроакустика, рубка радиометриста, подъемно-опускное устройство ГАС и автономный кондиционер АКГМ-10-30У. Вход в отсек – через палубный люк из коридора надстройки.

Пятый отсек (28–35-й шп.) занимало носовое машинное отделение, в котором находились два главных двигателя М504Б, дизель-генератор ДГР-100/1500, ГРЩ, насосы и другое оборудование. Вход в отсек – через палубный люк и дверь в переборке 35-го шп.

В шестом отсеке (35–37-й шп.) расположен пост управления главными двигателями. Вход – через палубный люк и двери в переборках 35-го и 37-го шп.

Седьмой отсек (37–44-й шп.) – кормовое машинное отделение со средним главным двигателем, дизель-генератором, ГРЩ и вспомогательным оборудованием, вакуумной водоопреснительной установкой ДМ1 производительностью 1 т/сут., вкладной цистерной мыгтевой воды емкостью 500 л. Вход – через палубный люк и дверь в переборке 37-го шп.

В восьмом отсеке (44–47-й шп.) по правому борту расположен гиропост, по левому – пост МР-104.

Девятый отсек (47–53-й шп.) – старшинский, с двумя четырехместными каютами. В тамбуре установлен автономный кондиционер и умывальник. Вход в отсек – через палубный люк из надстройки.

В десятом отсеке (ахтерпик, 53-й шп. – транец) установлена рулевая машина с постом аварийного ручного штурвала и пневмодистанса питьевой воды. Вход – через люк верхней палубы.

В надстройке, оборудованной пятью водонепроницаемыми дверями, в районе 20–28-го шп. расположены каюта командира, двухместные каюты и кают-компания; в районе 30–35-го шп. по левому борту предусмотрен пост санитарной обработки с душевой и сушилкой, по правому – санузел; в районе 37–44-го шп. – столовая команды, 44–50-го шп. – камбуз и провизионная кладовая суточного запаса продуктов, тамбур для входа в гиропост и каюты старшин. На крыше надстройки размещены ходовая рубка с мостиком, антенный пост МР-104, антенны радиосвязи, пелорус магнитного компаса и мачта.

Сварной корпус ПСКР изготавливался из стали 10ХСНД. Верхняя палуба в средней части (между первыми карлингсами правого и левого бортов) и надстройка (20–50-й шп.) – сварная из АМг-61. Фальшборт в носовой части верхней палубы – сварной из АМг-61.

Система набора корпуса – продольно-поперечная, в носовой оконечности (0–12-й шп.) – поперечная. Пояся наружной обшивки корпуса по пазам соединялись встык двухсторонним сварным швом, причем основной шов выполнялся с внутренней стороны, а снаружи – подварка. Набор палубы соединялся с настилом сваркой прерывистым двухсторонним швом в шахматном порядке. Соединения стальной палубы с конструкциями из легких сплавов осуществлялось на заклепках двухрядным швом с изолирующей прокладкой по периметру, соединения легкосплавного настила платформы (3–23-й шп.) со стальным шельфом – однорядным швом.

Из стального листа толщиной 4 мм изготавливались комингсы барбетов артиллерийских установок АК-230.

Надстройка, имевшая компенсатор по длине, выполнялась из гофрирован-

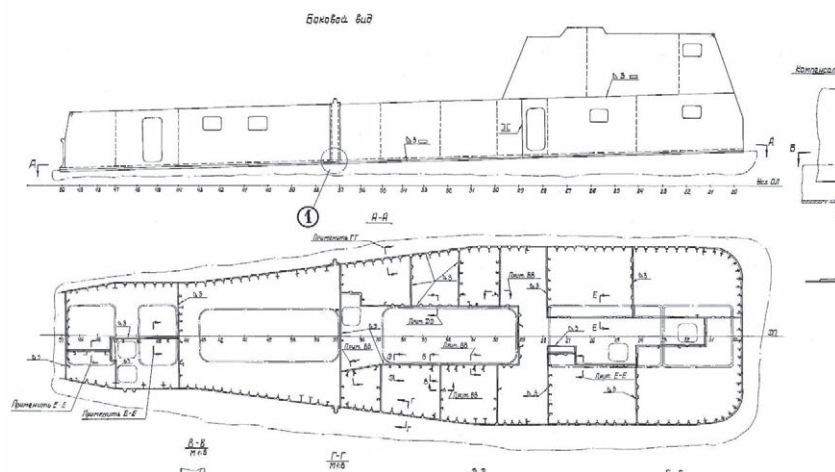


Рис. 2. Рубка и надстройка. Фрагмент монтажного чертежа

ных листов толщиной 4 мм и 6 мм, борта, внутренние переборки и выгородки – 3 мм, крыша имела поперечный набор из прессованных профилей АМг. В крыше предусматривались съемные щиты для погрузки и выгрузки главных двигателей.

Для средней части переборок и платформ использовались прессованные панели, для легких выгородок – сплав АМг-5 (листы толщиной 2 мм с гофрами).

В процессе серийного строительства «205» и «205П» с середины 70-х гг. начали использовать предложенное начальником сектора корпусного отдела ЦКБ-5 Б.С. Дзюбином сварное соединение с применением биметаллических вставок, что позволило отказаться от клепки и уменьшить трудоемкость корпусных работ.

За проектирование металлических корпусных конструкций боевых катеров в ЦКБ-5 отвечала З.В. Успенская, обладавшая опытом работы сварщиком еще со времени работы на заводе им. А. Марти в 1931–1933 гг. и трудившаяся в КБ завода №5 после окончания Корабелки с 1940 г. В 1962 г. она возглавила корпусный отдел ЦКБ-5. За участие в создании ракетных катеров в том же году она была удостоена ордена Трудового Красного Знамени. После объединения с ЦКБ-19 З.В. Успенская стала заместителем главного конструктора ЦМКБ по корпусу, оборудованию и обитаемости.

Для уменьшения воздушного и структурного шума в помещениях и постах предусматривалось вибродемпфирующее покрытие переборок 12-го, 18-го, 23-го и 28-го шп. ниже платформы на 1 м, зашивка подволока в МО в районе столовой и офицерских кают, звукопоглощающая изоляция с перфорированной зашивкой по внутренней поверхности и звукоизоляции с зашивкой слоистым декоративным пластиком с наружной поверхности воздухозаборных шахт, а также настил полов с вибродемпфирующим покрытием в каютах старшин. В кубриках команды и в средней части ходовой рубки под линолеумом в целях тепло- и звукоизоляции наклеен пенопласт толщиной 20 мм. Усиленная звукоизоляция на основе губчатой резины применялась в посту управления главными двигателями.

В трубопроводах корабельных систем, разработку которых в ЦКБ-5 возглавлял опытный конструктор Б.В. Первачевский, применялся новый коррозионно-стойкий материал МНЖ-5

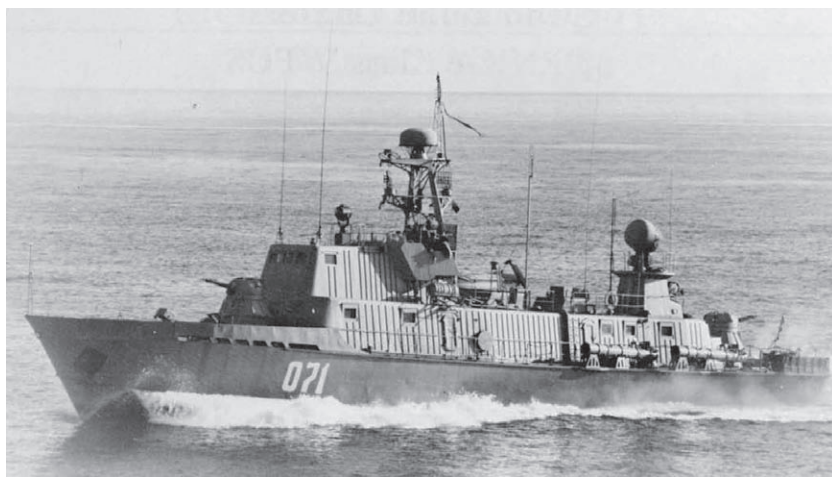


Рис. 3. Серийный пограничный сторожевой корабль пр. 205П

и электровинтовые насосы. Водяная система пожаротушения состояла из трубопровода, трех установленных на верхней палубе рожков и электронасоса ЭСН-11/II производительностью 25 м³/ч при напоре 65 м вод. ст., установленного в кормовом МО. Химическая система пожаротушения имела медные трубопроводы, распылители в обоих МО, посту управления главными двигателями, резервуары с хладоном 114В2 емкостью по 80 л на двух постах в коридоре надстройки и систему предупреждения о подаче жидкости в отсеки. Водоотливная система состояла из погружного насоса ЭПСН-16/II производительностью 40 м³/ч при напоре 15 м вод. ст. и шлангов, хранившихся на верхней палубе. На «Тарантуле» также имелись осушительная система, система зачистки и сбора трюмных вод, водоснабжения питьевой, мытьевой и заборной водой, фаново-сточная и ряд других (охлаждения кондиционеров, водоопреснительной установки).

Система кондиционирования имела четыре автономных кондиционера «Климат-125» холодопроизводительностью 10 000 ккал/ч. Для защиты личного состава от поражения радиоактивными и отравляющими веществами ПСКР оборудовался системой противохимической вентиляции с тремя фильтровентиляционными установками. Система отопления – электрическая.

Якорное устройство состояло из якорно-швартовного малогабаритного электрогидравлического шпиля ШЭГ8 со скоростью выбирания 19–24 м/мин, двух якорей Холла массой по 300 кг, двух якорных цепей (100 и 150 м) повышенной прочности калибра 17,5 мм, двух втяжных бортовых клюзов, двух винтовых и двух цепных стопоров, а также устройств для быстрой отдачи корен-

ных концов цепей. Глубина стоянки на якоре – до 40 м.

Решение о модернизации якорного устройства с увеличением массы стальных якорей до 300 кг было принято по результатам опытной эксплуатации ПСКР зав. №603 в течение 1969 г.

Швартовное устройство «Тарантула» состоит из четырех двухтумбовых прямых кнехтов, четырех киповых планок, четырех уток, двух вьюшек, трех стальных швартовых тросов диаметром 15 мм длиной по 60 м и кормового электротручного швартового шпиля ШЭР-27-I с тяговым усилием 600 кг.

Буксирное устройство состоит из капронового буксирного каната окружностью 115 мм и длиной 160 м, двух врезных двухтумбовых кнехтов, установленных в носовой и кормовой частях верхней палубы, буксирного клюза в фальшборте, установленной в ДП в корме киповой планки и вьюшки для хранения буксирного троса по-походному (в форпике).

Шлюпочное устройство установлено на крыше надстройки в средней части с правого борта. Оно состоит из пластмассового разъездного катера пр. 1397 вместимостью пять человек, двух вываливающихся шлюпбалок с гидроцилиндрами, двух лебедок с гидромоторами, гидравлической системы (с питанием от насосного агрегата шпиля ШЭГ8) и крепления катера по-походному. Спуск и подъем катера возможны при волнении до 3 баллов.

В качестве средств спасения были предусмотрены три спасательные надувные лодки ЛАС-5М-2 вместимостью по пять человек, спасательные жилеты и круги по нормам ВМФ. Начиная с кораблей зав. №125 и №616 устанавливались три спасательных надувных плота ПСН-10М. ■

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОСТРОЕНИЯ

Море всегда было, есть и будет сферой важнейших интересов и обширной деятельности человека. Но в конце XX и особенно начале XXI в. эта область деятельности стала претерпевать существенные изменения. Причинами этого являются коренные изменения международной обстановки в области военно-морской деятельности, возрастание экономической, хозяйственной и военно-стратегической роли Мирового океана в развитии человеческой цивилизации.

Более 75% населения Земли и потенциала мировой экономики, иначе говоря «цивилизационного потенциала», сосредоточены вдоль материковой береговой черты в пределах 500-километровой зоны. Вследствие этого современная человеческая цивилизация вполне может быть названа «прибрежной» (табл. 1, 2).

Таблица 1
Распределение населения и промышленного потенциала

Наименование	Значение		
Удаление от береговой линии, км	0,5	0–100	0–500
Доля населения Земли	0,25	0,5	0,75
Доля мирового промышленно-экономического потенциала	0,22	0,33	0,75

Таблица 2
География размещения судостроительного потенциала России

Наименование	Северо-Запад	Поволжье	Дальний Восток и Сибирь
Объем производства, %	72	11	17
Кадры, %	59	12	29
Количество предприятий, %	40	16	44

Россия имеет почти 40 тыс. км береговой черты, 100 тыс. км внутренних водных путей, значительная доля внешней торговли обслуживается морским транспортом, до 25% мировых запасов углеводородного сырья расположено на российском шельфе. Поэтому военное кораблестроение и судостроительная промышленность России в значительной мере определяла и всегда будет определять национальную безопасность страны во всех сферах морской деятельности, в том числе оборонной, транспортной, продовольственной, энергетической и технологической. Из данных табл. 1 и 2 видно, что наиболее значимая часть потенциала отечественного судостроения сосредоточена в Северо-Западном регионе.

До недавнего времени в течение почти 20 лет государственная политика в области судостроительной промышленности ограничивалась рядом мер, направленных в основном на поддержание

СОВРЕМЕННОЕ ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ В XXI ВЕКЕ

А.Б. Землянов, д-р техн. наук, проф.,
М.Ю. Гаршин, канд. техн. наук,
М.М. Четвертаков, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,
контакт. тел. (812) 405 0704

возможностей отрасли по созданию продукции в интересах национальной обороны. В определенной степени сохранялась специализация предприятий на производстве продукции надводного и подводного кораблестроения. Освоение и внедрение новых технологий осуществлялось по традиции сначала в военном кораблестроении, а затем частично технологии переносились в область гражданского судостроения.

В последние годы ситуация начала меняться в лучшую сторону. Большинство предприятий отрасли перешло на смешанный принцип разработок и производства продукции надводного и подводного судостроения, как военного, так и гражданского назначения. При этом внедрение инновационных технологий и разработок стало осуществляться из гражданского частного и государственного сектора в область военного кораблестроения.

В этот же период были разработаны и утверждены основополагающие долгосрочные документы, определяющие перспективы развития военного кораблестроения и судостроительной промышленности в целом (рис. 1). Наиболее важной из них является «Программа кораблестроения до 2050 года», утвержденная

Президентом РФ 1 мая 2014 г. Эта программа определяет долгосрочные количественные показатели структуры типажа корабельного состава ВМФ в рамках прогнозируемых финансовых ограничений, давая, таким образом, целевые установки для планирования производственных процессов предприятий ОПК.

В результате этого был дан старт развитию научно-производственного потенциала и созданию научного задела для возрождения отечественного военного и гражданского судостроения. Это позволило в 2010–2015 гг. улучшить положение в отрасли и уменьшить отставание в научно-техническом развитии от ведущих морских держав.

Однако российское судостроение сегодня производит пока только 0,6% объема мирового гражданского судостроения по компенсированному брутто тоннажу (в денежном выражении – 1,3%) и по этому показателю занимает 21-е место в мире.

В кораблестроении позиции России гораздо сильнее – она имеет 12% объема мирового военного кораблестроения и занимает 2-е место после США. По объему выпуска продукции в военном кораблестроении ОАО «ОСК» занимает 7-е место в мире. При этом доля

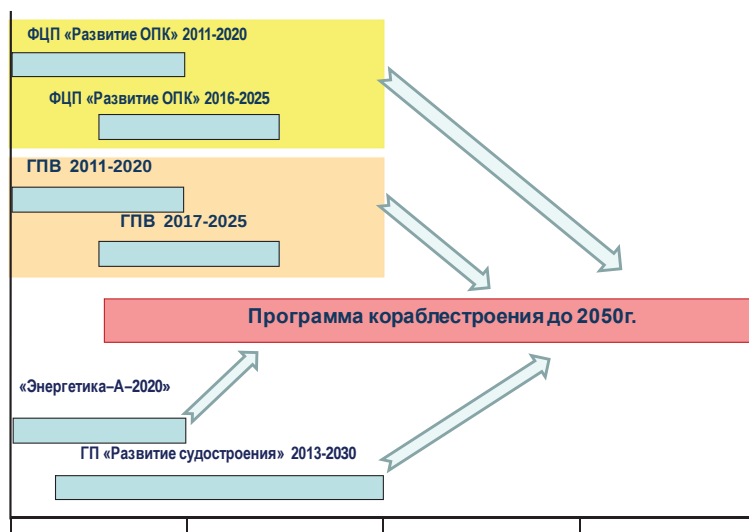


Рис. 1. Основные государственные и федеральные программы в обеспечении развития ВМФ

военного кораблестроения в структуре производства судостроения занимает более 70% (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3
Водоизмещение корабельного состава ВМС «военно-морской двадцатки»

Страны «военно-морской двадцатки»	Водоизмещение кораблей ВМС, млн. т	Относ. доля
США	3,1	0,36
Союзники США (17 стран из 20)	4,2	0,50
Россия	0,7	0,08
Китай	0,5	0,06
Всего	8,5	1

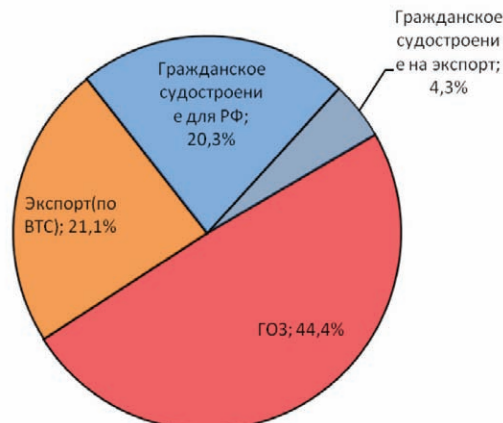


Рис. 2. Структура объема производства судостроения в среднем за 2010–2012 гг.

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ

Уровень военно-морского потенциала страны определяется состоянием научного и производственно-экономического потенциалов военного кораблестроения как основной составляющей судостроительной промышленности и связанных с ней отраслей. Интенсивность и сценарии развития этих отраслей определяются объемами и сбалансированностью финансирования следующих этапов цикла поддержания и обновления флота, включая поддержание действующего корабельного состава, серийного строительства новых кораблей и НИОКР по созданию перспективных кораблей и образцов ВВТ.

- комплекса НИОКР, формирующих научно-технический задел для развития как корабельного состава и военно-морской техники, так и совершенствования производственно-технологической базы;
- серийного строительства, обеспечивающего необходимый потенциал сил флота и экономически целесообразную загрузку предприятий;
- системы эксплуатационного обслуживания кораблей и другой техники ВМФ.

Эти сценарии и этапы реализуются

в долгосрочных кораблестроительных программах и государственных программах вооружения. На формирование и реализацию этих программ влияют две группы факторов (табл. 4):

- предсказуемые, относительно постоянные или имеющие определенный диапазон возможных изменений факторы субъективной природы;
- непредсказуемые факторы – риски (обычно негативные).

Факторы первой группы являются перманентными, могут быть учтены в процессе планирования.

Факторы второй группы имеют спорадический характер и проявляются в разной степени во все периоды. Можно

отметить и конкретные их особенности, проявившиеся в последние годы и имеющие тенденцию к усилению в дальнейшем. К ним можно отнести:

- усиление политического и экономического давления на Россию на основе качественного скачка в средствах ведения вооруженной борьбы;
- возможный рост напряженности в Арктике в связи с взаимными территориальными претензиями на морской шельф;
- возможность возникновения вооруженных конфликтов, локальных войн, инициированных террористическими организациями;
- усиление военного давления со стороны стран НАТО и их сателлитов в приграничных с Россией территориях;

В настоящее время в военно-технической сфере России и развитых стран достаточно отчетливо сформировались и будут развиваться в перспективе два процесса революционного характера:

- появление новых технологий, ставших фундаментом военно-технической революции, основной тенденцией которой является освоение космического и информационного пространств, а также расширяющееся применение роботизированных боевых систем;

Таблица 4
Факторы развития военного кораблестроения

Предсказуемые «малорисковые» факторы	Непредсказуемые рискованные факторы
Темпы экономического развития страны	Природные катастрофы
Доля военных расходов в ВВП страны	Крупные техногенные катастрофы
Доля ВМФ в бюджете Минобороны	Вооруженные конфликты
Соотношение сил на море в целом и на отдельных театрах	Вспышки террористической активности
География распределения сил отечественного флота	Многосторонний экономический кризис
Уровень инфракрасного обеспечения флота (качество системы базирования и тылового обеспечения)	Ввод в строй иностранных флотов кораблей новых типов или с новыми типами оружия
Доля фундаментальных и поисковых НИР в общем объеме работ, финансируемых ВМФ	Резкие изменения обстановки на морских театрах из-за возникновения локальных конфликтов
Структура сил флота (примерная структура водоизмещения сбалансированного флота: авианосцы – 30%, надводные корабли – 30%, подводные лодки – 20%, вспомогательный флот – 10%)	Массовое внедрение новых видов вооружения (робототехнических систем) и изменение характера боевых действий (сетевые войны)
Структура расходов на отдельные типы боевых кораблей	Другие

- новые тенденции в военном искусстве и практике, главная из которых – это приоритет эффективности взаимодействия боевых средств и сил над техническим совершенством, замещение массовости скоростью и эффективностью (скорость реагирования, развертывания, перемещения, оптимизация состава сил и др.).

Революционные сдвиги в оценке роли и развитии военной силы характерны и для ее морской составляющей.

Новые тенденции в создании военно-морской техники проявляются в непосредственной зависимости от баланса сил и радикальной трансформации интересов субъектов мирового сообщества, с одной стороны, и научно-технического прогресса и внедрения инновационных перспективных технологий с другой. При этом движение от изменения задач ВМФ к новой технике, и, наоборот, изменение задач вследствие создания новой техники – процессы взаимнообусловленные. Непрерывное внедрение новых технологий на протяжении всего жизненного цикла кораблей стимулируется постоянным прогнозированием целей и задач флота, изменением характера будущих операций и

боевых действий на море. И, наоборот, появление новых технологий, образцов вооружения и техники приводит к изменению способов и форм применения сил (войск) ВМФ.

Можно выделить следующие главные стратегические тенденции в развитии ВМС и кораблестроении, исходя из анализа процессов за прошедшие 3–5 лет и прогноза их дальнейшего развития.

1. Отказ от стратегии «полномасштабной войны» и декларация готовности США и стран НАТО к многочисленным разнохарактерным конфликтам и противостоянию широкому спектру угроз безопасности. Выход в группу лидеров в области военно-морских сил и кораблестроения Китая, Индии и Бразилии.

2. Распространение влияния ВМС на космическое пространство за счет вооружения флота высокоточными крылатыми ракетами с обычной боевой частью и с дальностью полета более 1000 км. При этом флот получает возможность контролировать 75% мирового промышленного потенциала и практически все важные административно-политические центры. Стратегическое сдерживание даже без применения ядерного оружия приобретает все большее значение.

3. Перенос активных действий флота на наземные регионы, густонаселенные районы мира, выполнение задач в прибрежных районах в пределах зон досягаемости оружия. Создание кораблей нового поколения специально для действия в прибрежных районах и для противолодочного, противовоздушного и противоминного обеспечения в морской зоне, непосредственно примыкающей к территории противника.

4. Возложение задач противоракетной обороны (ПРО) на корабли ВМС. Развертывание на постоянной основе ПРО морского базирования и сосредоточение морских систем ПРО в Мировом океане без каких-либо ограничений.

5. Использование средств для быстрого развертывания спецподразделений, медицинского оборудования, многоцелевых помещений общего назначения, визуальных средств и оборудования для подводного наблюдения, контроля окружающей среды, спецоружия, средств полицейского принуждения и др. Решению такой задачи будут способствовать принципы модульного проектирования.

6. Усиление тенденции роста стоимости кораблей и другой военно-морской техники.

7. Постепенный переход функций генератора и носителя технического прогресса от флота военного к флоту гражданскому на основе более обширного опыта строительства, эксплуата-

ции и использования коммерчески готовой продукции в таких областях, как микроэлектроника, компьютерные и информационные технологии, микро- и наносистемы.

8. Возрастание вероятности перемещения зоны действия кораблей с «глубокой воды» на прибрежное мелководье. Эта особенность дает импульс к разработкам новых эффективных технологий в области средств минного оружия, воздухонезависимых установок для неатомных ПЛ, систем обнаружения по пространственно-временным неоднородностям морской среды на мелководье и других.

9. Возрастание стоимости и повышение технического риска разработок при создании новых образцов военно-морской техники. Это приводит к необходимости реализации следующих принципов при внедрении новых разработок и технологий:

- снижение стоимости жизненного цикла;
- получение значительного «безрискового» эффекта;
- отсутствие негативных побочных эффектов.

10. Интенсификация разработок специальной морской техники для разведки, добычи и транспортировки углеводородов в арктических районах и создание арктической военно-морской техники.

11. Усиление роли и влияния человеческого фактора на характер новых технологий и их внедрение в новые образцы военно-морской техники.

Одной из наиболее отличительных черт ВМФ является длительность периода его создания и становления. Поэтому решения, которые были приняты при строительстве кораблей флота, находят свое отражение и проявляются в полной мере через десять, двадцать, а иногда и пятьдесят лет (рис. 3).

Общий цикл становления ВМФ в современных условиях складывается из следующих этапов:

- научно-исследовательские проработки – 7–10 лет;

- опытно-конструкторские работы, в период которых формируется технологическая и организационно-техническая база нового флота – 10–15 лет;
- этап серийного строительства, который в свою очередь разделяется на этапы строительства серии кораблей одного класса (12–15 лет), а для всей номенклатуры классов это не менее 20–30 лет;
- эксплуатация корабельного состава одного поколения – 25–30 лет;
- периода утилизации – 5–7 лет.

Параллельно с выполнением всех выше названных этапов должна научно обосновываться и отрабатываться организационно-штатная структура флота, система отбора и подготовки кадров, создаваться и наращиваться система базирования, всестороннего обеспечения и управления. Таким образом, полный жизненный цикл и результаты решений, принимаемых в рамках формирования одного поколения кораблей основных классов, могут ощущаться на протяжении до 50 лет и более. При этом смена технических и технологических концепций в зависимости от видов техники и темпов технического прогресса будут сменяться каждые 15–25 лет, а вслед за ними будут изменяться способы и формы оперативного и тактического применения сил и средств, создаваемых в соответствии с этими концептуальными положениями.

Необходимо также иметь в виду, что на протяжении этого цикла может претерпевать качественные изменения политическая ситуация в мире, в том числе применительно к военно-морской деятельности. Таким образом, во многом то положение, в котором ВМФ находится сегодня, является результатом военно-технической политики прошлого.

Однако в настоящее время, в условиях коренных изменений основополагающих принципов в политике и экономике, необходимо выходить на пер-

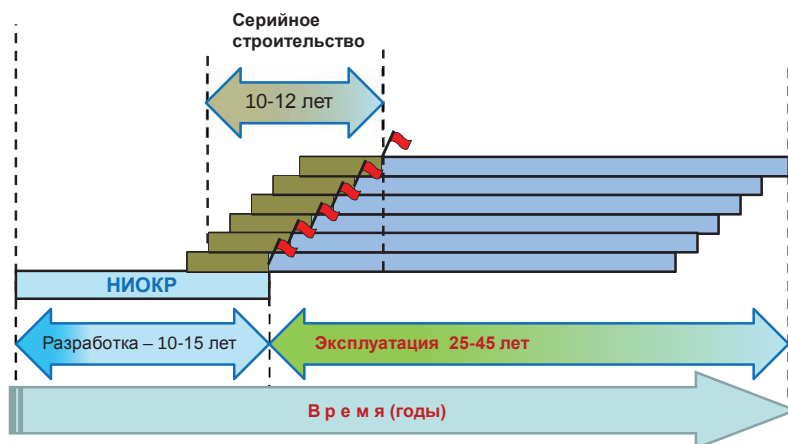


Рис. 3. Жизненный цикл поколения однотипных кораблей

спективные решения так, чтобы иметь возможность предвосхитить достаточно отдаленное будущее. При этом следует избежать грубых просчетов в строительстве и развитии ВМФ, определить те временные рубежи, на которые следует ориентироваться, прогнозируя возможные последствия принимаемых сегодня решений.

Еще одной спецификой кораблестроения является то, что в процессе создания корабля как единой системы задействуются по скоординированным планам в условиях сложной многоуровневой кооперации сотни промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций. Эта специфика военного кораблестроения определяет необходимость управления развитием корабельного состава ВМФ на основе методологии стратегического планирования и разработки долгосрочных кораблестроительных программ, охватывающих период 30–50 лет.

ПРОГРАММА КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ ДО 2050 ГОДА

В результате многоплановых военно-теоретических и научно-технических исследований бала разработана и 1 мая 2014 г. утверждена Президентом РФ «Программа кораблестроения до 2050 года» (далее – Программа). Эта Программа представляет собой сбалансированную по динамике сменности поколений и структуре типажа корабельного состава, срокам, финансированию и производственным возможностям систему показателей, описывающих основные направления проектирования, строительства и модернизации кораблей ВМФ основных классов на период до 2050 г., исходя из тенденций развития военно-политической обстановки и потребного боевого состава ВМФ.

Конечной целью Программы является непрерывное обеспечение военно-политической и экономической безопасности страны на акваториях Мирового океана на основе устойчивого развития ВМФ в системе вооружений Российской Федерации.

Основными задачами Программы являются:

- поддержание достаточного потенциала морских сил ядерного сдерживания;
- защита стратегических интересов Российской Федерации на морских и океанских театрах, прежде всего в Арктической зоне и на Дальнем Востоке;
- создание опережающего научно-технического задела для обеспечения развития перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники для ВМФ;

- формирование качественно нового облика кораблей, вооружения и техники ВМФ;
- оснащение ВМФ современными образцами вооружения, военной и специальной техники, доведя к 2020 г. их долю до 70%.

При обосновании Программы была сформирована система принципов, соблюдение которых позволяет избежать существенных просчетов при ее разработке и реализации:

1. Соответствие военно-географическим, социально-историческим факторам и геополитическим интересам страны;
2. Согласованность с текущими и прогнозными показателями возможностей научно-производственного потенциала России при сохранении долевого уровня финансирования ВМФ в бюджете Министерства обороны и ВВП страны;
3. Преемственность и согласованность текущего (ГОЗ), среднесрочного (ГПВ) и долгосрочного планирования;
4. Непрерывность «скользящего» ретроспективного анализа, прогнозирования, планирования и мониторинга реализации;
5. Непрерывное обновление морально и физически устаревающих кораблей, вооружения и техники на основе последовательной смены их поколений;
6. Сохранение и развитие промышленных технологий за счет непрерывности производственного цикла проектирования и строительства кораблей;
7. Постоянная актуализация научно-технического задела в области фундаментальных и поисковых исследований с последующей их реализацией в прикладных НИОКР;

Данные принципы охватывают военно-политические, научно-технологические, производственно-экономические и нормативно-организационные аспекты кораблестроения. Реализация первых двух принципов требует конкретизации представления о составе классов, подклассов и типов кораблей и образцов морского вооружения и их количестве на достаточно длительный период (30–50 лет). Это представление обосновано в «Концепции строительства и развития ВМФ на период до 2030 года и дальнейшую перспективу до 2050 года». Концепция была разработана на основе научного прогнозирования военно-политической обстановки в мире, обоснования возможных противостоящих сил, разработки перечня и обоснования уровней выполняемых задач, прогноза развития производственного потенциала страны. Концепция имеет качественную (структура типажа образцов) и количественную (их потребное число) составляющие.

«Скользящий» характер планирования, преемственность и согласованность

с программными мероприятиями ГОЗ и ГПВ основан на соблюдении принципа сменности поколений кораблей. Принцип сменности поколений реализован в Программе на основе анализа опыта отечественного кораблестроения и прогноза общемировых тенденций и сроков разработки принципиально новых образцов вооружения и техники и их внедрения на перспективных кораблях. Так, в период с 2020 г. основу флота будут составлять корабли 3-го поколения. В этот же период планируется строительство и ввод в состав ВМФ кораблей 4-го поколения, которые составят основу корабельного состава до 2030 г.

Наконец, в период примерно с 2025 по 2040 г. флот полностью перейдет на корабли следующих поколений на основе внедрения технологий отдаленной перспективы.

Для подводных лодок – это внедрение новых материалов корпусных конструкций на основе нанотехнологий, перспективных двигательно-движительных установок, новых эффективных антенн покровного типа.

Для надводных кораблей – использование принципиально новых архитектурных типов для кораблей класса «корвет», «фрегат» и «эсминец».

Принцип постоянной актуализации научно-технического задела соблюдается в Программе путем постоянного упреждающего планирования и финансирования фундаментальных и поисковых исследований в прорывных инновационных направлениях, которые признаны перспективными с точки зрения применения в ВМС, как в отечественном, так и в зарубежном военном кораблестроении. Эти направления включают в себя разработку и внедрение:

- систем искусственного интеллекта;
- оружия нелетального действия и на новых физических принципах;
- беспилотных летательных аппаратов;
- интегрированных адаптирующихся систем управления на всех уровнях, способных формировать единое информационно-управляющее пространство необходимой конфигурации;
- сил и средств программно-аппаратного воздействия в целях обеспечения информационного превосходства в киберпространстве;
- морских многофункциональных универсальных роботизированных систем на основе модульной архитектуры.

Реализация перечисленных принципов в ходе исполнения Программы предполагает решение ряда организационных, научно-методических, кадровых, нормативно-технических и других проблем по следующим направлениям.

1. Непрерывный анализ хода исполнения Программы.

2. Пересмотр установившейся практики корректировки действующих программ по номенклатуре и количеству создаваемых кораблей, судов и других образцов морского вооружения без достаточного научного обоснования всей Программы на предмет ее общей сбалансированности в оперативно-стратегическом и военно-экономическом аспектах.

3. Организация взаимодействия заказчика с федеральными органами исполнительной власти и их головными институтами по концептуальным вопросам на основе конкурентно-компромиссного подхода к реализации мероприятий Программы, разработке ТТЗ и цен на новые корабли с одновременной экспертизой проектов научно-исследовательскими организациями ВМФ и промышленности, определением необходимых НИОКР в обеспечение Программы.

4. Придание Программе статуса концептуальной основы государственной программы вооружения ВМФ. Основным начальным условием выполнения Программы является обеспечение утвержденной действующей ГПВ полным и своевременным финансированием на основе:

- корректности цен;
- планирования затрат с учетом НДС;
- жесткой корреляции сроков строительства кораблей со сроками завер-

шения ОКР и поставок по кораблям, комплексам их вооружения и техники.

5. Обеспечение финансирования строительства кораблей с учетом технологического цикла. В первые годы строительства кораблей необходимо финансирование в объемах не менее 50% всей стоимости постройки, чтобы своевременно заказать и получить комплектующие, имеющие большие сроки создания и стоимости (комплексы оружия, энергетические установки).

6. Поддержание согласованности Программы в части цен, объемов и сроков строительства кораблей, а также обеспечения их основными комплексами и системами на уровне генеральных и главных конструкторов и генеральных директоров заводов как головных исполнителей.

7. Подготовка комплексного научно-технического и технологического и кадрового заделов для создания кораблей новых поколений в несколько раз превосходящих корабли предшествующих проектов по боевой по военно-экономической эффективности, за счет внедрения новых технологий, выполнения фундаментальных и поисковых НИОКР в обеспечение реализации планов ДПВК.

В настоящее время в организационно-техническом и научно – производственном плане перед ВМФ и промышленностью стоит задача на основе опыта реализации текущей ГПВ обеспечить своевременное выполнение сбалансированной реалисти-

ческой, но достаточно амбициозной Программы кораблестроения до 2050 г. Реализация такой Программы на основе перечисленных выше принципов, решения проблем и разработки соответствующих направлений позволит обеспечить:

- поступательное эволюционное развитие корабельного состава ВМФ;
- сокращение типажа проектов кораблей и увеличение серийности;
- опережающее создание проектных и промышленных технологий;
- конструктивное взаимодействие органов военного управления Минобороны и предприятий ОПК в ходе реализации программы;
- эффективное расходование бюджетных средств в рамках всего жизненного цикла кораблей ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Капитанец И. М.* Военно-морская наука и современность / Под ред. Главнокомандующего ВМФ РФ адмирала флота В. И. Куроедова. – М.: Вече, 2005. – 352 с.
2. *Капитанец И. М.* Флот в войнах шестого поколения. Взгляды на концептуальные основы развития и применения флота России. – М.: Вече, 2003. – 480 с.
3. *Буренок В. М.* Технологические и технические основы развития вооружения и военной техники. – М.: Граница, 2010. – 216 с.
4. *Широкопад А. Б.* Огненный меч Российского флота. – М.: Яуза, Эксмо, 2004. – 416 с. ■

Аля определения потребности России в продукции судостроения были проанализированы две составляющие:

- наличие современной грузовой базы;
- наличие современного морского флота России.

Что такое современная национальная грузовая база применительно к морскому флоту России? По итогам 2015 г. это 739 млн. т внешнеторговых и каботажных грузов, перегруженных через морские порты России и сопредельных стран.

Из общего объема перевозок на сухие грузы приходится 353 млн. т (48%), на наливные грузы – 386 млн. т (52%).

Через морские порты России в 2015 г. перегружено 676,7 млн. т – 91,6% всей грузовой базы, остальные грузы – 62,4 млн. т – прошли через порты стран Балтии и Украины.

По итогам работы в 2015 г. можно сделать следующие выводы:

- доля массовых грузов (навалочных, насыпных и наливных) несколько увеличилась и составляет 82,7% от общего объема грузов, прошедших через порты России;

ПОТРЕБНОСТИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ В ПРОДУКЦИИ СУДОСТРОЕНИЯ

*С.И. Буянов, канд. экон. наук, ген. директор АО «ЦНИИМФ»,
контакт. тел. (812) 271 1283, +7 (911)234 3528*

- изменилось соотношение сухих и наливных грузов, объем наливных грузов увеличился на 31 млн. т за год;
- наибольший прирост перевалки грузов среди всех видов грузов имеет зерно – прирост 15%;
- объем перевалки грузов в контейнерах сократился на 14% до 40 млн.т;
- объем перевозок грузов на паромках увеличился в 2 раза до 22 млн. т.

Наиболее существенный рост объемов перевалки грузов отмечен в Азово-Черноморском бассейне 21,6 млн. т (плюс 10%), в Балтийском и Дальневосточном бассейнах рост составил на 7 и 8 млн. т. В Каспийском бассейне снижение почти на 16%.

Динамика объемов перевалки грузов через морские порты России за

2002–2015 гг. показывает, что за этот период рост объемов перевалки грузов составил 2,3 раза.

Через порты стран Балтии и Украины в 2015 г. перегружено 62,4 млн. т грузов, что составляет 8,4% от общего объема перевалки российских грузов. За последние 7 лет эта величина сократилась с 21,5% до 8,4%, или на 54 млн. т.

Через морские порты Украины в 2015 г. перевалено 9,1 млн. т российских грузов, в том числе сухих грузов 7,5 млн. т, наливных – 1,6 млн. т. Доля объемов перевалки российских грузов через морские порты Украины за последние три года сократилась в три раза и составляет по итогам 2015 г. всего 1,3% от общего объема перевалки грузов.

Морские порты Крыма. На берегах полуострова Крым расположены пять морских портов: Евпатория, Севастополь, Ялта, Феодосия и Керчь. Через них в 2015 г. перегружено 9,6 млн. т российских грузов. Увеличение объемов перевалки грузов по сравнению с 2014 г. составляет более чем в 2 раза.

Структура объемов перевалки грузов по направлениям показывают, что 96% всех грузов перевозятся в каботаже.

Структура объемов перевалки грузов по видам грузов показывает, что наибольший объем перевалки приходится на перевозки грузов на пароммах 63% (6,0 млн. т), доля навалочных и насыпных составляет 19%, в том числе зерна – 4,5%, доля накатных грузов составляет 12%.

В соответствии со Стратегией развития грузооборот морских портов возрастет к 2030 г. до 1013,4 млн. т в год, что говорит о необходимости соответствующего увеличения производственных мощностей портов.

Прогноз грузооборота морских портов России к 2030 г. свидетельствует, что в целом по всем грузам прогнозируется увеличение по сравнению с 2015 г. в 1,5 раза. Однако рост наливных грузов прогнозируется всего в 1,3 раза, а сухих грузов – в 1,7 раза. При этом объем перевалки навалочных грузов увеличится в 1,3 раза, объем генеральных грузов – в 2,3 раза, а объем грузов в контейнерах – в 3,3 раза.

Вывод: Российской Федерации на ближайшие 15 лет потребуются не только современные танкеры и газозавозы, но и современные сухогрузные суда, особенно контейнеровозы и навалочники.

Морской флот России. Количество судов морского транспортного флота, контролируемого российскими судовладельцами, по состоянию на начало 2016 г. составляет 1371 судно общим дедвейтом 20,6 млн. т, из которых 68% тоннажа эксплуатируется под иностранными флагами.

Под флагом России на начало 2016 г. насчитывалось 1109 судов общим дедвейтом 6,6 млн. т, из них сухогрузных – 694 судна суммарным дедвейтом 3,1 млн. т, наливных – 343 судна общим дедвейтом 3,3 млн. т.

Средний возраст отечественного флота составляет 21,9 года.

Под иностранными флагами на начало 2016 г. насчитывалось 262 судна общим дедвейтом 14,0 млн. т, из них сухогрузных – 122 судна суммарным дедвейтом 1,3 млн. т, наливных – 140 судов общим дедвейтом 12,7 млн. т.

На начало 2016 г. в Российском международном реестре судов зарегистрировано 856 судов суммарным дедвейтом 4,3 млн. т, из них морс-

кой транспортный флот насчитывает 514 судов общим дедвейтом 3,9 млн. т, за последние 5 лет, с момента принятия Федерального закона №305, общий дедвейт таких судов увеличился в 2,1 раза.

В целом флотом, контролируемым российскими судовладельцами, в 2015 г. перевезено ориентировочно 189 млн. т грузов, в том числе флотом под отечественным флагом – 29 млн. т, остальные грузы – судами под иностранными флагами.

Таким образом морской флот под флагом России за последние четыре года увеличился на 16%. Однако этого недостаточно. России требуется новый современный конкурентоспособный флот, особенно сухогрузный.

Ретроспектива пополнения флота России. Динамика пополнения морского транспортного флота, контролируемого Россией, за 2004–2015 гг. показывает, что за последние десять лет построено 175 морских судна общим дедвейтом 12,5 млн. т.

Наиболее активно свой флот в эти годы пополняли следующие судоходные компании: ПАО «Совкомфлот» с учетом ПАО «Новошип» (70%); в меньшей степени – ПАО «ДВМП» и ОАО «ММП». Кроме того, судами река-море плавания – ОАО «Северо-Западное», ООО «В.Ф. Танкер», ООО «Палмали» и др.

Структура пополнения морского флота за 2004–2015 гг. по странам постройки показывает, что основными поставщиками морских судов для российского флота являются верфи Республики Корея (76%), Китая (8%), Хорватии (5%) и России (4%).

Из анализа представленных данных следует, что наиболее востребованными судами за последние десять лет стали танкеры. Количество новых танкеров составило 111 ед. (69%) общим дедвейтом 10,1 млн. т (87%).

Анализ динамики поставок новых судов для российских судовладельцев за 2012–2015 гг. позволяет отметить следующее:

- всего построено транспортных морских и река-море плавания судов за этот период – 91 ед., из них на российских верфях 48 ед. (53%), на иностранных верфях – 43 ед. (47%);
- всего построено морских судов обеспечивающего флота на этот же период 87 ед., из них на российских верфях – 66 ед. (76%), на иностранных верфях – 21 ед. (24%);
- всего построено транспортных и судов обеспечивающих видов флота за этот период 178 ед., из них на российских верфях – 114 ед. (64%), на иностранных верфях – 64 ед. (36%);

- всего построено речных транспортных судов за этот период 57 судов, речных судов обеспечивающего флота 77, при этом все 134 судна построены на российских верфях.

В 2015 г. завершено строительство и приняты в эксплуатацию 18 судов обеспечивающих видов флота, наиболее значимыми из которых являются:

- многоцелевое аварийно-спасательное судно «Балтика» мощностью 7 МВт построено на ОАО «Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь» совместно с верфью «Arctech Helsinki Shipyard Inc»;
- многофункциональные аварийно-спасательные суда «Берингов пролив» и «Мурман» мощностью 7 МВт, построенные на верфи «Нордик Ярде ВисмарГмбХ», (Германия);
- многоцелевое аварийно-спасательное судно «Спасатель Демидов» мощностью 4 МВт построено на ООО «Невский ССЗ»;
- дизель-электрические ледоколы пр. 21900М «Мурманск» и «Владивосток» мощностью 17 МВт построены на Выборгском ССЗ совместно с верфью «Arctech Helsinki Shipyard Inc».

Прогноз строительства нового флота для российских судоходных компаний. Перспективы развития морского флота России (типаж и количество) определены в ряде концептуальных документов, таких как:

- ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2020 гг.)»;
- «Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года».

В подпрограмме «Морской транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» определены поставки новых транспортных морских и река-море плавания судов и судов обеспечивающих видов флота на период до 2020 г.

С 2016 по 2020 г. предполагается построить 57 транспортных судов суммарным дедвейтом 3,6 млн. т.

Крупнейшей судоходной компанией России является ОАО «Совкомфлот», которая входит в пятерку крупнейших танкерных компаний мира. ОАО «Совкомфлот» планирует строительство более 30 новых танкеров и газозавозов, в основном с ледовым классом.

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. спрогнозированы поставки новых морских и река-море плавания судов на период до 2030 г. С 2021 по 2030 г. предполагается построить 406 судов суммарным дедвейтом 11,7 млн. т.

С целью оказания услуг населению морской пассажирский флот к 2030 г.

должен пополниться 80 судами различного класса.

Кроме того, предполагается строительство судов обеспечивающих видов флота в количестве 45 ед. на период до 2020 г.

Из этих судов можно выделить следующие:

- строительство на «Балтийском заводе-Судостроение» головного и двух серийных двухсодочных универсальных атомных ледоколов пр. 22220 мощностью 60 МВт со сроками ввода в эксплуатацию в 2018–2020 гг.;
- строительство на этом же заводе дизельного ледокола «Виктор Черномырдин» мощностью 25 МВт с вводом в эксплуатацию в конце 2017 г.;
- завершение строительства серии из трех дизель-электрических ледоколов пр. 21900М ледокола «Новороссийск» мощностью 17 МВт с вводом в эксплуатацию в 2016 г.;

– строительство четырех буксиров-спасателей мощностью 2,5–3,0 кВт на «Невском ССЗ» и др.

Рассмотрим, какие поставки новых судов для российских судовладельцев ожидаются в 2016 г.:

- транспортных морских и река-море плавания судов – 27 ед., из них на российских верфях – 17 ед. (63%), на иностранных верфях – 10 ед. (37%);
- морских судов обеспечивающих видов флота – 34 ед., из них на российских верфях – 29 ед. (85%), на иностранных верфях – 5 ед. (15%);

В целом 75% из 61 нового судна в 2016 г. будут построены на российских верфях.

До 2030 г. предполагается строительство 400 ед., в том числе за счет бюджетных средств 200 ед.

В соответствии с ФЦП «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 11 августа 2014 г.

№ 790, предполагается за 2015–2020 гг. построить восемь судов аварийно-спасательного флота. Предполагается, что все эти суда будут построены на российских верфях, и некоторые из них, возможно, будут построены на крымских верфях.

Рыболовные предприятия РФ заявили потребность в строительстве 364 судов, в том числе 91 крупнотоннажного судна. Однако не все суда будут включены в госпрограмму поддержки развития рыбопромыслового флота в основном из-за ограничений ресурсной базы и невозможности освоить такой объем заказов российской судостроительной отраслью.

В заключение хотелось бы отметить, что планы строительства судов на российских верфях для российских судовладельцев большие, однако для их полной реализации необходимы дополнительные меры государственной поддержки, как было сказано ранее. ■

Сегодня и ориентировочно до начала 2020-х гг. стапели «Севмаша» и «Звездочки» полностью задействованы в выполнении государственного оборонного заказа. При этом их хорошо оснащенные корпусообрабатывающие производства, способные суммарно выпускать ежегодно более 80 тыс. т первоклассной металлопродукции из высокопрочных сталей, обрабатывают в последние годы менее 25 тыс. т металла в год.

Президент России В. В. Путин неоднократно обращал внимание руководителей оборонно-промышленного комплекса страны на то, каким образом будет обеспечена загрузка производственных мощностей оборонных предприятий в период после 2020 г., когда в основном будут выполнены задачи по переоснащению армии и флота современным вооружением.

Государством ставится важная задача по передаче проектно-конструкторских решений и технологий, наработанных при создании военной продукции, в сферу гражданских отраслей производства продукции.

Применительно к судостроительным предприятиям Северо-Запада России речь может идти о серийном строительстве на специализированной верфи распространенного типа многофункциональных унифицированных морских арктических платформ. В их производстве будут заинтересованы нефтегазовые компании, федеральные министерства и

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНЫХ ЗАВОДОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

В.М. Попов, председатель Совета Архангельского регионального НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. +7 (921) 240 9013

ведомства (Минобороны, МЧС, Минприроды, Администрация Северного морского пути), Атомфлот, администрации серных регионов РФ. В создании подобных платформ могут также проявить заинтересованность и другие страны: Китай, Индия, Южная Корея, Норвегия.

Как известно, в 1995–2011 гг. на производственных мощностях северодвинских предприятий (АО «ПО «Севмаш», АО «ПС «Звездочка», АО «СПО «Арктика») было организовано строительство морских платформ, предназначенных для работы в арктических условиях – МЛСП «Приразломная» и СПБУ «Арктическая». Освоенные этими предприятиями технические и технологические решения, а также приобретенные специалистами и руководителями разного уровня компетенции, несомненно, должны получить дальнейшее развитие при реализации новых арктических проектов.

При серийном строительстве унифицированных платформ в условиях

специализированной распределенной верфи удастся достигнуть приемлемого уровня рентабельности производства.

Идея специализированной распределенной верфи на Севере России впервые была сформулирована в статье, подготовленной северодвинскими кораблестроителями и опубликованной в журнале «Арктика и Север» в декабре 2014 г.

Такая верфь должна объединить производственно-технологические возможности предприятий судостроительной отрасли для решения задач по освоению Арктики. Основа судостроительного кластера Архангельской области – это оборонные предприятия. Но иностранные компании, так же как и наши крупные корпорации – «Газпром», «Роснефть» и другие – хотели бы реализовывать совместные проекты не в рамках оборонного комплекса, а в сотрудничестве с гражданскими коммерческими фирмами. Это общемировая тенденция. Поэтому пред-

лагается использовать производственно-технологический потенциал оборонных предприятий в условиях государственно-частного партнерства. Распределенная верфь могла бы скоординировать использование производственных мощностей Северодвинска, Мурманска, Выборга, Санкт-Петербурга, Калининграда, Нижнего Новгорода, Зеленодольска и других судостроительных, машиностроительных и приборостроительных предприятий Северо-Запада и Центра России. Это позволит «раскладывать или распределять» сложный инженерный проект на ряд предприятий различных форм собственности. Каждая из них будет отвечать за свой участок работы, а конечная сборка объекта морской техники может осуществляться в акватории Белого моря – при необходимости с доводкой до 100% заводской готовности в незамерзающем Кольском заливе. Такая практика уже была опробована при строительстве МЛСП «Приразломная» и СПБУ «Арктическая». Проекты, аналогичные распределенной верфи, реализованы и успешно работают в России на Каспии и на Дальнем Востоке, в Норвегии и Канаде.

Более тесное и эффективное взаимодействие научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, производственных предприятий разных отраслей промышленности, расположенных в европейской части РФ, может быть обеспечено при условии создания на Севере России Центра строительства морской арктической техники. В перспективе этот центр может в полной мере использовать возможности высокотехнологичного производства северодвинских предприятий.

Актуальными «узкими местами» в реализации арктических проектов являются отсутствие координации между потенциальными участниками и необходимость модернизации их производственных мощностей. Ключевым «узким местом», требующим «расшивки», становится отсутствие специализированных сборочных площадок, на которых должны строиться основания платформ и вестись конечная сборка объекта. Именно создание сборочно-монтажных площадок (в дополнение к существующим стапельным местам), оборудованных в соответствии с современными требованиями для подобных объектов является первостепенной технической задачей. Учитывая текущую и перспективную загрузку стапельных мест северодвинских предприятий, необходимо рассмотреть вопрос о создании дополнительных открытых компактных сборочно-монтажных площадок, располо-

женных в дельте Северной Двины и на побережье Белого моря.

В частности, предлагается одну из таких площадок разместить рядом с планируемым к созданию участком глубоководного порта Архангельск в районе острова Мудьюг. Другие площадки могут быть организованы на территории завода «Красная Кузница» (Архангельск) и в районе участка порта Экономия (Архангельск), а также на прибрежной части общей акватории предприятий «Севмаш» и «Звездочка» (вблизи расположения БелВМБ).

Учитывая возрастающий интерес к освоению природных богатств Арктики со стороны иностранных государств и возможное взаимодействие с компаниями, не причастными к санкциям в отношении российской нефтегазовой и судостроительной отраслей, эти компактно-площадки, по возможности, не должны иметь ограничений, касающихся их посещения иностранными гражданами (что характерно для предприятий Северодвинска).

Предложение о создании Центра строительства морской арктической техники затрагивает многие аспекты производственно-технологической, организационной, научно-технической, экономической деятельности не только предприятий судостроительного кластера Архангельской области, но и многих предприятий и организаций судостроительной отрасли. Речь идет об экономической эффективности создания экспортноориентированной морской арктической техники. Интерес к созданию такого Центра должны проявить также крупные нефтегазовые бизнес-структуры, машиностроительные и приборостроительные концерны, Союз машиностроителей России, Российский союз промышленников и предпринимателей, предприятия малого и среднего бизнеса Северо-Запада России. При создании Центра необходимо учесть исторически сложившуюся ведущую роль Архангельска, открывшего в начале XX в. «ворота в Арктику», а также инициативы Поморья в постановке и решении на региональном и федеральном уровне сложных задач, которые уже возникают и будут возникать в процессе реализации новых арктических проектов. К примеру, благодаря инициативе губернатора Архангельской области И.А. Орлова, Правительством РФ принято решение о создании Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН. Этот исследовательский центр создан на базе пяти действующих научных учреждений и с апреля т.г. начал свою работу. Одним из важных направлений деятельности

центра является содействие реализации научно-технической и инновационной политики, формируемой федеральными и региональными органами власти. Совет судостроительного инновационного территориального кластера Архангельской области в апреле 2016 г. уже обсудил по предложению «Звездочки» вопросы взаимодействия предприятий региона в подготовке к реализации проектов «Каменномыское-море» и «Арктик СПГ 2». Логичным будет, таким образом, и решение о создании именно в Архангельске Центра строительства морской арктической техники – интегрированной производственной структуры, которой должно быть поручено комплексное решение вопросов по реализации на практике сложных арктических проектов в Северо-Западном и Центральном секторах Арктики. Организационно-подготовительную работу по созданию Центра строительства морской арктической техники надо выполнять, не откладывая ее на завтра, чтобы не упустить российскую инициативу и лидерство в работе по освоению минеральных ресурсов Арктики.

К основным проблемам и задачам, которые предстоит решать в ближайшее время Архангельскому судостроительному инновационному территориальному кластеру и в его рамках Центру строительства морской арктической техники, необходимо отнести следующие:

- участие в разработке национальной концепции и модельного ряда многофункциональных унифицированных арктических платформ на принципах модульности с использованием проектно-технологических решений, отработанных в подводном кораблестроении и при строительстве платформ «Приразломная», «Арктическая», а также в разработке технологий серийного строительства платформ;
- организация импортозамещения в сфере создания арктических нефтегазовых платформ, локализации их производства в Северо-Западном регионе;
- диверсификация деятельности предприятий оборонного комплекса и других предприятий, входящих в состав судостроительного кластера;
- повышение эффективности использования производственных мощностей и инженерно-технологического потенциала предприятий кластера;
- вовлечение в крупные арктические проекты предприятий малого и среднего бизнеса, которые дислоцированы в Архангельской области

и в Северо-Западном федеральном округе;

- получение коммерческого эффекта (прибыли) за счёт оптимизации издержек (логистическая, организационная, производственно-технологическая, научно-техническая составляющие) в рамках ответственности кластера;
- сохранение и развитие компетенций по морским и нефтегазовым проектам;
- создание новых, в том числе, высокопроизводительных рабочих мест;
- увеличение налоговых платежей в федеральный и региональный бюджеты и во внебюджетные фонды;
- выравнивание неритмичной загрузки отдельных видов производств и цехов крупных (якорных) предприятий кластера;
- организация тесного взаимодействия с научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями Санкт-Петербурга, учреждениями РАН, другими организациями и предприятиями, участвующими в арктических проектах.

Следует отметить целый ряд преимуществ в реализации арктических проектов на территории Архангельской области, среди которых:

- выгодное географическое положение – прямой выход в арктические моря; отсутствие полярной ночи, скального грунта в прибрежной акватории Белого моря и дельте Северной Двины;
- развитая инфраструктурная составляющая внутри промышленного региона – автодороги, железные дороги, водный транспорт, авиасообщение (доступность в любую точку в радиусе до 30–50 км в пределах 1–3 часов);
- малозатратная логистика – локализация промышленных площадок в одном промышленном регионе и малые плечи доставки грузов из центральных регионов России;
- значительное погодное окно для работы крановым оборудованием;
- использование кадрового, производственного, технологического потенциала кластера для выполнения особо сложных работ судостроительного, машиностроительного профиля;
- наличие промышленных центров (Архангельск, Северодвинск) с образовательными учреждениями высшего, среднего и начального профессионального образования, позволяющими вести целевую подготовку специалистов;
- наличие в регионе профильных предприятий малого и среднего

бизнеса, которые можно привлечь в качестве основных субподрядчиков при создании платформ;

- возможность развития и расширения промышленных площадок при нарастании объемов работ по арктическим проектам.

Конечно, этим не исчерпывается перечень проблем и задач, которые придется решать всем участникам арктических проектов – об этом свидетельствует и опыт создания платформ «Приразломная», «Арктическая», и практика освоения строительства сложных инженерных сооружений, к которым относятся атомные ледоколы, подводные лодки, крупные надводные суда.

Более того, мы считаем, что придет время, когда с целью эффективной организации обустройства шельфовых месторождений минерального сырья и оперативного решения насущных задач функционирования всей промышленной инфраструктуры в Арктике будет признано необходимым создание специального Межведомственного арктического координационного совета.

Подобная организация работ в свое время была принята в период широкомасштабного строительства атомного подводного флота, когда в постройке кораблей были задействованы сотни предприятий и организаций разной ведомственной принадлежности.

Для решения перечисленных задач предлагается также сформировать инвестиционный фонд для финансирования арктических проектов – с участием государства, частных инвесторов, в том числе иностранных. К созданию фонда целесообразно привлечь такие институты развития, как «Российская венчурная компания», «Российский фонд прямых инвестиций» и др.

В частности, для выполнения комплексной научно-исследовательской работы «Разработка концепции и модельного ряда многофункциональных унифицированных арктических платформ на принципах модульности и с использованием проектно-технологических решений, отработанных в подводном кораблестроении и при строительстве платформ «Приразломная» и «Арктическая». Такая работа, мы считаем, должна быть поручена ГКНЦ, при этом в ближайшее время уже потребуются необходимые инвестиции для ее выполнения.

Для развития Северо-Западных регионов арктические проекты могут стать в полном смысле слова инновационными для предприятий всех форм собственности. Преодоление вышеперечисленных «узких мест» требует инвестиций. Выходом в сложившейся

ситуации могли бы стать меры государственной поддержки, организация софинансирования в рамках государственно-частного партнерства и другие.

Возможными формами поддержки на федеральном уровне могут быть следующие:

1. Представление арктических проектов и планов их реализации на рассмотрение структур, которые курируют арктическую тематику – Государственной комиссии по вопросам социально-экономического развития Арктики, профильным комитетам Госдумы и Экспертному совету по Арктике и Антарктике при Совете Федерации Федерального Собрания РФ, Российской академии наук.

2. Оказание содействия в привлечении крупных нефтегазовых компаний к участию в разработке проектов реконструкции и технического перевооружения предприятий судостроительного комплекса для строительства платформ и других видов морской арктической техники, включая модернизацию бизнес-структур малого и среднего бизнеса, а также в разработке концепции унифицированной арктической платформы.

3. Представление новых проектов и концепции многофункциональной унифицированной арктической платформы крупным иностранным компаниям с целью привлечения инвестиций и поддержки проектов на уровне Межправительственных соглашений (по результатам переговоров с дружественными странами, не поддерживающими секторальные санкции в отношении России).

4. Назначение государственной комиссии для выбора мест расположения новых монтажно-сборочных компактных площадок в прибрежной полосе Белого моря и в дельте Северной Двины и выделение финансирования для работы указанной комиссии.

Таким образом, в результате выполнения вышеперечисленных работ при сравнительно небольших затратах на капитальное строительство в радиусе 30–50 км от Архангельска могут быть созданы и начать функционировать предприятия разных форм собственности, организационно объединенные в Центр строительства морской арктической техники. Это позволит обеспечить полный цикл изготовления и сборки платформ (опорные основания, верхние строения и модули различного назначения), другой морской техники специального назначения для Арктики.

Специализированная распределенная верфь, как базовая структура Центра строительства морской арктической техники, будет представлять

с собой комплекс компактных сборочно-монтажных площадок промышленных предприятий, расположенных в дельте Северной Двины и на побережье Белого моря. Доступ к водным маршрутам обеспечит транспортировку создаваемых сооружений (опорных оснований или завершенных в полном объеме других объектов морской техники) в акватории арктических морей, перегон для достройки в район Кольского залива или поставку их на экспорт.

Компаниями-учредителями и участниками работ распределённой верфи могут быть предприятия судостроительного кластера, имеющие современное высокотехнологичное производство, соответствующее оборудование и высококвалифицированный персонал, а также другие крупные предприятия, предприятия малого и среднего бизнеса Архангельской области, привлечённые бизнес-структуры и промышленные предприятия Северо-Западного, Центрального федеральных округов.

Кооперация как внутри кластера, так и с предприятиями Северо-Запада и Центра России даст возможность параллельно изготавливать отдельные элементы объектов морской техники и самих объектов в полностью законченном виде, что позволит значительно сократить сроки (в 2–3 раза) поставки конечной продукции. Доставка водным путем в навигационный период структурных компонентов объектов морской техники для их окончательной сборки на сборочно-монтажных площадках распределённой верфи позволит снизить издержки серийного производства морской техники.

В начале марта 2016 г. в Мурманске состоялось заседание президиума Государственной комиссии по вопросам развития Арктики. Основным вопросом повестки заседания было рассмотрение новой редакции государственной программы социально-экономическо-

го развития российской Арктики до 2020 г. Следует отметить, что в России закон об Арктике отсутствует.

В ходе дискуссии о дальнейшем освоении Арктики специалистами был предложен территориальный кластерный принцип развития, учитывающий природно-климатические условия, низкую плотность населения в приарктических территориях, особенности промышленной и транспортной инфраструктуры. Предлагается в восьми субъектах, относящихся к Арктической зоне РФ, скорее всего на прибрежных территориях, выделить «опорные точки» или «опорные зоны развития».

Судостроители России вполне могут стать инициаторами оснащения этих опорных зон развития Арктики комплексом морских плавучих сооружений, в состав которых могут войти многофункциональные унифицированные платформы стационарного типа в модульном исполнении, плавдоки и плавучие причалы для ремонта и технического обслуживания судов, надводные и подводные блоки энергоснабжения, станции наблюдения за экологической обстановкой, воздушной и водной средой, площадки базирования вертолетов и экранопланов и т.п. Эти предложения при должном их обосновании могут быть включены в новую редакцию Федеральной программы социально-экономического развития Севера и арктических территорий России.

Для реализации на Северо-Западе России отечественных арктических проектов в настоящее время существует окно благоприятных возможностей и условий, особенно принимаемая во внимание продолжающаяся политика западных санкций, ограничивающих возможности российских предприятий в заимствовании инновационных технологий и приобретении технологического нефтегазового

и другого оборудования. Федеральные и региональные структуры, бизнес-сообщество, созданные в стране институты инновационного развития, заинтересованные отечественные и дружественно настроенные по отношению к России иностранные компании, имеющие интересы в Арктическом бассейне, не должны упустить шансы и своевременно подключиться к этим работам, учитывая будущие выгоды от совместной деятельности в арктической зоне РФ.

Пример создания опорного основания стационарной платформы для Севморпути представлен на рисунке. Такой проект, конечно при условии его профессиональной проработки проектно-конструкторскими и научно-исследовательскими институтами, можно реализовать в кооперации предприятий Северо-Запада России на базе распределённой верфи. В конструкцию опорного основания вполне вписываются цилиндро-конические двойные оболочки из высокопрочной хладостойкой стали, задел которых с успехом может быть создан в периоды, когда это позволяет неполная загрузка таких предприятий, как «Севмаш», «Звездочка», «Адмиралтейские верфи», завод «Красное Сормово».

В заключение предлагаю Центральному правлению РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова выступить инициатором создания Центра строительства арктической морской техники на Беломорском Севере России, предусмотрев в нем ведущую роль исследовательских и проектных организаций Санкт-Петербурга, в том числе в разработке концепции модельного ряда унифицированных модульных платформ, а также организовать обсуждение вопросов строительства морских опорных пунктов по трассе Северного морского пути с целью включения их создания в программу развития Арктики. ■

22 сентября 2016 г. в Санкт-Петербурге на территории ЦНИИ КМ «Прометей» состоялось собрание членов Ассоциации судостроителей, на котором присутствовали директора или заместители директоров 43 предприятий из 48 предприятий – членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, представители КПШИИ Правительства города, председатель территориальной организации профсоюзов С. П. Максименко, пресса, TV.

Председатель собрания – президент Ассоциации, председатель секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга В. Л. Александров.

С концепцией обновления надводного состава кораблей ВМФ и задачи НИИ, КБ и заводов Санкт-Петербурга присутствующих познакомил заместитель Главнокомандующего ВМФ РФ И. М. Зварич. В ней констатируется, что плановое обновление надводного состава кораблей ВМФ проводится в соответствии с «Программой кораблестроения до 2050 года». ВМФ заинтересован в создании кораблей, спроектированных и построенных с применением модульного принципа.

С докладом о состоянии, проблемах и перспективах разработки и внедрения новых основных и сварочных материалов для конструкций судостроения и объектов Арктического шельфа выступил заместитель генерального директора ЦНИИ КМ «Прометей» им. акад. И. В. Горынина А. В. Ильин.



А. В. Ильин

К настоящему времени ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» выполнен большой объем работ по созданию материалов, покрытий и технологий для судов и конструкций, работающих в условиях Арктики. Разработаны принципы оценки надежности материалов для экстремальных условий эксплуатации.

ИТОГИ ОЧЕРЕДНОГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга
и Ленинградской области,
контакт. тел. (812) 786 1172*

Следует считать актуальными дальнейшие работы института в этих областях, направленные прежде всего на снижение стоимости высококачественных сталей и сплавов для судовых конструкций, импортозамещение, а также разработку высокоэффективных технологий сварки и средств защиты от коррозии.

Далее о разработке новой редакции «Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 г.» доложил В. Л. Александров. Эта работа чрезвычайно актуальна, поскольку должна стать ориентиром для отрасли. Он также проинформировал об участии в юбилейных мероприятиях по случаю 150-летия Научно-технических обществ России и 25-летия образования Ассоциации.

О подготовке выставки «Нева–2017» по гражданскому судостроению в Санкт-Петербурге рассказал директор «Ленэкспо» А. Н. Тихомиров.

Выставка проводится в Петербурге с 1991 г. при поддержке сперва Минсудпрома СССР и Минморфлота СССР, а с 2013 г. – во исполнение Распоряжения Правительства РФ от 21.10.2013 г. № 1910-р один раз в два года (по нечетным годам). За эти годы выставка стала самой крупной в своем классе в Восточной Европе с участием морских предприятий из 15 стран.

О желании ЗАО «СММ», которое имеет производственные связи с рядом предприятий – членов Ассоциации, вступить в нее проинформировал исполнительный директор А. А. Юрчак.

В обсуждении докладов и других вопросов повестки дня приняли участие В. Л. Александров, Е. М. Аполлонов, Л. Г. Грабовец, Д. Д. Мартынов, А. В. Пен, В. В. Пепеляев, Т. И. Чекалова.

Решения собрания:

1. Доклад И. М. Зварича принять к сведению. Поручить Крыловскому ГНЦ и КБ-проектантам совместно с представителями ВМФ проработать вопрос о разработке «Плана перехода предпри-

ятий «ОСК» на создание кораблей, спроектированных с применением модульного принципа».

2. Просить Министерство промышленности и торговли РФ документально закрепить за ЦНИИ КМ «Прометей» координацию разработок современных импортозамещающих основных и сварочных материалов, покрытий и технологий для судов арктического плавания и объектов морской техники, эксплуатирующихся на шельфе; проведение их сертификационных испытаний и корректировку необходимой научно-технической документации.

Просить Министерство промышленности и торговли РФ поддержать работы по освоению предприятиями-изготовителями новых российских материалов для судостроения и объектов морской техники для Арктического шельфа.

Рекомендовать ЦКБ-проектантам судов арктического плавания и объектов морской техники при выполнении ОКР предусматривать широкое применение российских материалов и технологий.

3. Рекомендовать предприятиям – членам Ассоциации подготовить и направить в исполнительную дирекцию предложения для включения в новую редакцию Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 г.

4. Рекомендовать этим предприятиям включиться в подготовку мероприятий к 150-летию Научно-технических обществ России и ускорить представление материалов к 25-летию Ассоциации.

5. Поручить генеральному директору АО «Транстех Нева Экспресс» А. Н. Тихомирову подготовить обращения от имени Ассоциации в Минпромторг РФ, «ОСК» и к губернатору Петербурга с просьбой о поддержке проведения выставки «Нева–2017» и представительство в оргкомитете по ее подготовке.

6. Принять в члены Ассоциации ЗАО «СММ».■

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутонные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутонных, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 338.28 **Ключевые слова:** трехкорпусный атомный ледокол, морские грузоперевозки, ледовая обстановка, конкурентные преимущества, годовые эксплуатационные расходы, экономическая эффективность, безубыточность, народно-хозяйственная эффективность

Е.М. Анполонов, А.В. Абрамов, Д.С. Хмара, М.А. Загородни-ков. Оценка варианта проектирования, строительства и эксплуатации перспективного атомного ледокола // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 7

Проведена сравнительная оценка технико-экономических характеристик проектируемого ледокола с действующими атомными ледоколами и разрабатываемым в настоящее время параллельно ледоколом Лидером. Определены приоритетные направления работы ледокола с учетом прогнозируемой ледовой обстановки, объема перспективных перевозок по Северному морскому пути и характеристик транспортных судов. Выполнена оценка стоимости жизненного цикла головного судна для дальнейшего использования этой оценки при разработке технико-экономического обоснования. Определены годовые доходы от эксплуатации ледокола с учетом допущений и информации, обработанной в настоящем расчете. Рассчитаны денежный поток за период эксплуатации ледокола и определена прибыль от проекта, а также точка безубыточности и определена народно-хозяйственная эффективность проектируемого трехкорпусного ледокола. Т. 7. Ил. 3. Библиогр. 12 назв.

УДК 629.553:821.029.533.6 **Ключевые слова:** танкер-бункеро-роушик, постройка, оборудование, ТТХ, итоги Ю.И. Рабазов. Опыт проектирования и строительства танкера-бункеро-роушика для ОАО «ТМК «Норильский никель» // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 13

Проанализирован опыт проектирования и постройки танкера-бункеро-роушика дедевом 1200 т, разработчиком проекта которого было ОАО «Б «Вымпел». Приведены его ТТХ, состав оборудования, рассмотрены конструктивные особенности и причины задержки срока постройки. Ил. 2.

УДК 629.5.01: 629.542 **Ключевые слова:** судно смешанного река-море плавания, северный завоз, ледовые условия, безопасность, анализ Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, Е.Ю. Дурнев. Многоцелевое сухогрузное судно смешанного река-море плавания для северного завоза // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 17

Выполнен анализ существующих грузопотоков и флота, работающего на северный завоз. Проанализированы актуальные навигационные условия и логистические схемы. Предложен современный концепт сухогрузного судна для северного завоза. Т. 3. Ил. 12. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.56 **Ключевые слова:** ОАО «Пелла», судно ярусного лова, проектирование, постройка И.Л. Вайсман, И.И. Машура. ОАО «Пелла» построило первое в России судно ярусного лова // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 25

Знакомит с судном ярусного лова, спроектированного ОАО «Пелла» и построенного им на внебюджетные средства. При этом был учтен мировой опыт строительства и эксплуатации таких судов и адаптирован с учетом требований Российского морского регистра судоходства. Приведены основные характеристики судна, обозначены особенности его конструкции, охарактеризовано оборудование.

Опыт ОАО «Пелла» свидетельствует о необходимости разработки федеральных законов прямого действия о государственной поддержке и экономическом стимулировании российских заказчиков современных рыбопромысловых судов.

Построенное судно передано норвежской рыбопромысловой компании. Ил. 3.

УДК 002 **Ключевые слова:** морская авиация, тренировочный комплекс, газоотражательный щит, новое оборудование, импортозамещение.

И.С. Суховинский, К.М. Кляуз, П.Ю. Петров. Создание газоотражательного щита для нужд морской авиации ВМФ РФ // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 29

Приведены основные сведения о создании специального оборудования для тренировочного полигона морской авиации ВМФ РФ, правилах организации полетов с палубы авиа-

несущих кораблей и принципах работы оборудования, обеспечивающего взлет самолетов. Описан газоотражательный щит, предназначенный для защиты техники и личного состава от реактивного потока взлетающих летающих аппаратов. Ил. 3.

УДК 629.551.001:621.629 **Ключевые слова:** рыболовное судно, зарубежный проект, оптимальные решения

А.С. Соловьев, Д.Н. Егоров. Проблемы адаптации зарубежных проектов рыболовных судов к условиям российского судостроения // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 31

Дан анализ практических вопросов, возникающих при применении на российских верфях технических проектов рыболовных судов, разработанных зарубежными проектными компаниями, а также подробно рассмотрены оптимальные пути решения описанных проблем на основе практического опыта ПАО «Выборгский судостроительный завод». Ил. 3.

УДК 532.5.07 **Ключевые слова:** крыло, вихревой след, колебания, угол атаки, визуализация

А.С. Гусев, А.И. Короткин. Экспериментальное исследование структуры вихревых систем вблизи крылового профиля, совершающего вращательные колебания по углу атаки // «Морской вестник». 2016. №4(60). С. 34

Представлены результаты экспериментальных исследований структуры вихревого следа, возникающего за крылом, совершающим периодические колебания по углу атаки. Исследования проводились в вертикальной гидродинамической трубе с использованием методов визуализации потока. Показана возможность управления поперечным вихревым следом с помощью вихрегенераторов продольных вихрей. Ил. 9. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5.035 **Ключевые слова:** многофункциональный двухступенчатый лопастный движитель, контроллер, гидродинамические характеристики, испытания, энергосбережения

А.Р. Тогуниц, Л.И. Вишневыский, С.В. Капранцев. Модельные исследования гидродинамических характеристик многофункционального двухступенчатого лопастного движителя за корпусом судна // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 35

Представлены результаты модельных гидродинамических испытаний многофункционального двухступенчатого лопастного движителя (МДЛД) за корпусом судна, которые проводились в опытовом бассейне «Крыловского государственного научного центра». Исследованы возможности компромиссных решений по выбору геометрии лопастей задней ступени МДЛД (двухрежимного контроллера) для получения высокой гидродинамической эффективности как на режиме энергосбережения, так и на реактивном режиме, т.е. на малом ходу судна. Выполнена оценка энергосбережения на полном ходу и потребной мощности для движения судна малым ходом под действием контроллеров с различной геометрией. Расчеты показали, что судно, оснащенное МДЛД, получит дополнительный знак к основному символу класса Российского морского регистра судоходства, свидетельствующий о резервировании элементов пропульсивной установки. Испытания показали, что кроме энергосбережения (6,4%) на скорости полного хода (16,5 уз), МДЛД обеспечивает эффективную работу на малых ходах судна. Т. 2. Ил. 6. Библиогр. 8 назв.

УДК 6.62 623-9 **Ключевые слова:** стандартизация, корабли, техническое обслуживание, ремонт, документация для ремонта

Ю.И. Витенбергский. Новые документы по стандартизации системы технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 41

Приведена информация о состоянии разработки государственных военных стандартов, военных стандартов судостроения и нормативных документов с обозначением АФВБ по системе технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ, которую выполняет АО «51 ЦКТИС». Приведены краткое содержание стандартов, которые еще не введены в действие, и краткое описание их отличий от заменяемых стандартов. Предлагается читателям журнала присылать замечания и предложения, основанные на опыте применения введенных в действие стандартов. Т.1.

УДК 681.678.0.26.2 **Ключевые слова:** индикатор, индикативное управление, конкурентоспособность, контроллинг, финансовый менеджмент, финансовый цикл

А.В. Иванкович. Возможности применения индикаторов в системе стратегического управления // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 42

Показано, что индикатор как носитель управленческой информации обладает неоспоримым преимуществом перед количественным показателем, а индикативное планирование не тождественно директивному, это способ объединения ресурсов подсистем для достижения поставленных системой целей.

Наилучшим решением будет выбор в качестве глобального индикатора объема продукции. Он характеризует способность произвести продукцию и реализовать ее, удовлетворив платежеспособный спрос. Т. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.313.281.1 **Ключевые слова:** судовые энергетические установки и их элементы

Гибкая производственная система «Fastems» для обработки деталей взрывозащищенных электродвигателей // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 47

Гибкая производственная система на базе решения компании «Fastems» позволила добиться микронных точностей обработки в сочетании с высокой производительностью при мелкосерийном производстве широкой номенклатуры деталей взрывозащищенных двигателей. Ил. 3.

УДК 621.313.281.1 **Ключевые слова:** вентильно-индукторный электродвигатель, маломощный электродвигатель

А.С. Петрущенко, А.В. Соколов, О.В. Елифанов. Практический опыт снижения вибрационно-шумовых характеристик вентильно-индукторных электродвигателей // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 48

Описан опыт постановки на серийное производство вентильно-индукторных электродвигателей. Проведен анализ результатов испытаний и приведены предложения по улучшению конструкции для обеспечения маломощности. Т.1. Ил. 5.

УДК 62-231.322.3 **Ключевые слова:** открытые зубчатые передачи, износ, титановые сплавы, стендовое оборудование, результаты испытаний

П.П. Селюта. Ресурсные испытания открытых зубчатых передач, изготовленных из титановых сплавов // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 53

Рассмотрено стендовое оборудование для испытаний открытых зубчатых передач. Приведены результаты ускоренных и ресурсных испытаний зубчатых передач, изготовленных из титановых сплавов и работающих без смазки в морской воде.

Представлены графики зависимости износа зубьев от наработки зубчатой передачи и кривая выносливости упрочненного слоя на базе 7×10⁵ циклов для сплава ПТ-3В с оксидированием в графите. Ил. 4.

УДК 624.044:658 **Ключевые слова:** трубы, напряженно-деформированное состояние, изгиб, теория

О.О. Лебедев. Анализ напряженно-деформированного состояния криволинейных труб в процессе чистого изгиба // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 54

Предложено теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния криволинейной трубы в процессе чистого изгиба. Выполнен анализ ранее полученных классических решений указанного вопроса, выявлены их достоинства и недостатки. Выявлены отличия применяемого в исследовании метода от классических решений вопроса. Даны предложения по использованию полученных результатов в дальнейших исследованиях, а также в процессе проектирования трубопроводов забортных систем подводных аппаратов и глубоководных технических станций. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.316.925 **Ключевые слова:** измерительный элемент, релейная защита, функция удельного ущерба, судовые электроустановки, отказ в срабатывании, вероятность безотказной работы, надёжность, оптимизация

В.М. Приходько, И.В. Приходько, В.Ю. Лучкин. Вероятностное описание характеристик срабатывания измерительных элементов защит судовых электроустановок // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 57

Показано, что отказ в срабатывании защиты судовых электроустановок может быть обусловлен двумя причинами: отказом в срабатывании измерительного элемента защиты из-за влияния случайных вариаций параметров коротких за-

мыканий, погрешностей элементов защиты и помех, а также отказы элементов устройства, т.е. ненадежность срабатывания. Представлена функция среднего удельного ущерба судовой электроэнергетической системы с учетом надежности устройств релейной защиты, из анализа которой следует, что для простейшего, а следовательно, и стационарного потока отказов защиты из-за ненадежности, эффективность оптимизации прямо зависит от надежности устройства релейной защиты судовой электростановки и не зависит от времени с начала эксплуатации защиты на судах. Библиогр. 25 назв.

УДК 536.24 **Ключевые слова:** термическое сопротивление, теплообмен, гидравлическое сопротивление, риск, оценка, имитационное моделирование

В.В. Медведев, М.В. Лакиза. Оценка риска при проектировании и эксплуатации судовых теплообменных аппаратов с учетом загрязнения поверхностей теплообмена // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 59

Приведены результаты разработки метода и программного комплекса, позволяющих описать риск отказа теплообменных аппаратов в следствии загрязнения поверхностей теплообмена тиксиспользованием имитационного моделирования. Т.1.Ил. 3. Библиогр. 9 назв.

УДК 551.323.02:629.067 **Ключевые слова:** ледовая информационная система, мониторинг, прогноз ледовой обстановки, система поддержки принятия решений

В.В. Рыбий, Д.В. Казунин, О.А. Тимофеев, В.А. Беляшов, А.А. Проняшкин, И.Д. Казунин. Российская ледовая информационная система (ЛИС) – залог успешного освоения Арктики // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 63

На основе анализа передового зарубежного опыта создания систем мониторинга ледовой обстановки в районе функционирования морских нефтегазовых промыслов, в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы специалистами ФГУП «Крыловский государственный научный центр» совместно со специалистами АО «Кронштадт», ФГБУ «АНИИ» разработана технология многоуровневого мониторинга ледовой обстановки. Разработанная ледовая информационная система (ЛИС) позволяет в масштабе времени, близком к реальному, контролировать и прогнозировать ледовую обстановку, а также обеспечивать информацией специалистов, отвечающих за принятие оперативных управленческих решений в российской Арктике. ЛИС имеет локальный и централизованный уровень обработки информации, что позволяет вести эшелонированный анализ ситуации и различную детализацию прогноза ледовой обстановки и ледопроеходимости судов. Ил. 10. Библиогр. 1 назв.

УДК 621.396.966 **Ключевые слова:** математическая модель, алгоритм моделирования, эхо-сигнал, случайное поле

Ю.Ф. Подоплешин, Д.А. Шепета, В.А. Ненашев. Моделирование входных сигналов бортовой РЛС, обусловленных отражениями зондирующего сигнала от подстилающих поверхностей земли и моря // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 69

В современных высокоточных бортовых РЛС для повышения разрешающей способности по дальности и угловым координатам используются сложные сигналы с высоким коэффициентом сжатия и алгоритмы синтезированной апертуры антенной системы. При моделировании работы подобных локаторов на ЭВМ возникают методические ошибки, связанные с пространственно-корреляционными зависимостями эхо-сигналов подстилающей поверхности. Предложен способ уменьшения методических ошибок, основанный на математической модели отражений в виде стохастических негауссовых полей с заданными пространственно-временными корреляционно-спектральными характеристиками. Указана возможность ускорения процесса моделирования при использовании упрощенных видов корреляционных зависимостей, учитывающих лишь ширину спектра флюктуаций отраженных сигналов. Ил. 2. Библиогр. 10 назв.

УДК 681.5 **Ключевые слова:** система стабилизации, иерархический двухуровневый принцип управления, задача распределения ресурсов управления, прямой метод Ляпунова

С.К. Воловдов, А.В. Смольников. Устойчивые алгоритмы управления подвижными динамическими объектами с заданным временем переходных процессов // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 73

Рассмотрен метод синтеза устойчивых по Ляпунову систем стабилизации аэро- и гидродинамических подвижных динамических объектов (ПДО) на заданной прямойлинейной траектории и с постоянными углами ориентации в пространстве. Система стабилизации обеспечивает независимое управление для каждой из шести степеней свободы ПДО в связанной системе координат, и состоит из нелинейного регулятора верхнего уровня, который на основании замеров текущих координат(кинематических параметров движения в неподвижной и связанной с объектом системах координат), формирует обобщенный вектор управления в связанной с объектом системе координат и регулятора нижнего уровня, который распределяет полученный обобщенный вектор уп-

равления по исполнительным органам. Приведено решение задачи синтеза регулятора верхнего уровня с помощью прямого метода Ляпунова. Показано, что применение такого управления позволяет описывать управляемое движение ПДО линейными дифференциальными уравнениями в связанной с объектом системе координат, причем коэффициенты этой системы являются параметрами регулятора и могут выбираться из условия обеспечения заданного времени переходного процесса. Показан пример расчета таких систем и результаты моделирования. Ил. 4. Библиогр. 6 назв.

УДК 551.466.18 **Ключевые слова:** морской рельеф дна, обследование, съемка, технические средства и методы, тенденции, перспективы использования

А. Ф. Зеньков, Н.Н. Неронов, А.М. Шарков, Ю.Н. Балесный. О тенденциях развития и перспективах использования технических средств и методов обследования и съемки морского рельефа дна // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 77

Приведены обобщенные результаты анализа работ ОАО «ГНИИГП» по техническим средствам и методам съемки рельефа дна и их использованию для решения задач морской деятельности. Представлена оценка тенденций их развития и использования на ближайшую перспективу. Т.2. Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

УДК 623.98 **Ключевые слова:** электронная картографическая навигационная система (ЭКНИС), электронная карта, навигационная безопасность плавания

П.Г. Федоров. ЭКНИС «Аляска-Ч» – современная электронная навигационная система // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 83

Приведены общие сведения об ответственности электронной картографической навигационной системе (ЭКНИС), разработанной АО «Морские навигационные системы». ЭКНИС «Аляска-Ч» предназначена для информационного обеспечения навигационной безопасности плавания и решения других задач кораблевождения при использовании в составе навигационного комплекса «Чардаш» или для автономного применения на кораблях 1–3-го рангов и судах обеспечения ВМФ. Т.2. Ил. 7. Библиогр. 3 назв.

УДК 623.9 **Ключевые слова:** Арктический регион, безопасность, мобильная подводная робототехническая платформа

А.А. Курносков, К.И. Армашев, В. Ю. Дорофеев. Система обеспечения безопасности РФ в Арктическом регионе на основе мобильных подводных робототехнических платформ // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 87

Показано, что мобильные подводные робототехнические платформы позволяют не только снизить надводные и подводные угрозы безопасности в российской арктической зоне и стране в целом, причем практически независимо от погодных условий, но и вести эффективную добычу полезных ископаемых. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.061 **Ключевые слова:** углепластик, ИМС, мостиковая система, интеграция

Е.М. Балушкин. Применение современных технологий при разработке мостиковых систем // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 88

Рассмотрены возможности повышения эксплуатационных характеристик судна за счет совместного использования мостиковой системы и системы управления техническими средствами, применения современных аппаратно-программных комплексов и материалов корпуса. Библиогр. 3 назв.

УДК 658 **Ключевые слова:** работники судостроения, профессиональный риск, динамика риска, моделирование риска заболеваемости, условия труда, непрофессиональные факторы

Г.А. Сорокин, В.Л. Суслов. Количественная модель для прогнозирования стажевой динамики риска хронических заболеваний судостроителей // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 90

Дано описание компьютерной модели для прогнозирования стажевой динамики риска хронических заболеваний судостроителей при различной степени вредности условий труда и с учетом действия непрофессиональных факторов – текучести кадров, медицинского отбора, экологических и социальных. Приведены примеры прогнозной динамики риска. Модель использована для определения количества работников, и стажевого периода при различной степени вредности условий труда. Т.3. Ил.4. Библиогр. 7 назв.

УДК 061.2 **Ключевые слова:** подъемные буровые установки, полупогружные установки, повреждение, аварии, причины, ликвидация

Р.Н. Караев. Оценка аварийности морских нефтегазовых сооружений. Часть 2 // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 94

Подробно рассмотрены аварии морских нефтегазовых сооружений при транспортировке ПБУ, их строительство и эксплуатация, типичные причины их возникновения и способы ликвидации аварий, вызванные этими повреждениями. Ил.1. Библиогр. 3 назв. Часть 1 см. «Морской вестник», 2016, №3 (59).

УДК 629.5.33 **Ключевые слова:** высокоскоростные суда,

стальной корпус, алюминиевый корпус, высокооборотные дизеля, среднеоборотные дизеля

А.В. Пустошный, Вуина Мое. О возможности улучшения экономических характеристик быстроходных судов для развивающихся стран за счет альтернативных проектных решений // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 97

Применительно к задаче создания сети высокоскоростного водного пассажирского транспорта для развивающихся стран с учетом существующих для них ограничений, рассмотрена возможность применения на высокоскоростных однокорпусных судах и катамаранах стального корпуса вместо традиционного для таких судов алюминиевого, а также среднеоборотных дизелей вместо высокооборотных. Проанализировано необходимое изменение водоизмещения и потребляемой мощности для сохранения заданной скорости хода, приведены результаты анализа изменения экономических эксплуатационных показателей судов. Обсуждены границы применимости рассмотренных технических решений. Т.5. Ил.4. Библиогр. 3 назв.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** спасательные суда, федеральная система поиска и спасения на море, поисково-спасательное обеспечение, поисково-спасательная техника, концепция, программа

В.Н. Илюхин. Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова и его роль в развитии федеральной системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. К 150-летию со дня образования НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 103

Рассмотрена ключевая роль РосНТО судостроителей им. акад. А.Н.Крылова в развитии федеральной системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности в конце 90-х гг. XX в. и начале XXI в., тенденции и проблемные вопросы развития спасательных судов различного назначения с учётом их места и роли в составе федеральной системы поиска и спасения на море и пути их решения. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** эсминец «Неустрашимый», проект, ТТХ, модернизация

В.Е. Юхнин. Корабль, опередивший свое время // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 111

Знакомит с историей создания эскадренного миноносца пр. «Неустрашимый», предназначенного для океанских плаваний. Приведены его ТТХ, обозначены состав вооружения, недостатки, возможность для модернизации. Ил. 3. Библиогр. 1 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** ЦКБ «Алмаз», пограничный сторожевой корабль «Тарантул», вооружение, ТТХ

Д.Ю. Литинский. Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 3 // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 113

Окончание рассказа о создании ПСК «Тарантул» пр. 205. Приведены его основные технические данные, охарактеризованы состав вооружения, конструктивные особенности. Ил. 3. Начало статьи – см. «Морской вестник, 2016, №2 (58) и №3 (59).

УДК 621.165 **Ключевые слова:** военное кораблестроение, перспективы

А.Б. Землянов, М.Ю. Гаршин, М.М. Четвертаков/ Современное военное кораблестроение России и перспективы его развития в XXI веке // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 117

Рассмотрены основные задачи, сформулированные в «Программе кораблестроения до 2050 года», утвержденной Президентом РФ 1 мая 2014 г., система принципов, положенных в основу этой Программы, возможности финансирования строительства кораблей. Реализация этих задач обеспечит поступательное развитие ВМФ страны. Т.4. Ил.3. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.551.001.18 **Ключевые слова:** гражданский флот, потребности, судостроительные верфи, возможность

С.И. Буянов. Потребности морского транспорта России в продукции судостроения // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 121

Проанализированы потребности России в морском флоте для обеспечения перевозок груза через морские порты страны. Дан прогноз строительства нового флота для российских судоходных компаний.

УДК 629.5/688 **Ключевые слова:** морская техника, северные заводы, перспективы

В.М.Попов. Перспективы и проблемы северных заводов в процессе производства морской техники // Морской вестник. 2016. №4(60). С. 123

Обозначены проблемы и задачи, которые предстоит решать в ближайшее время Архангельскому судостроительному территориальному кластеру и в его рамках Центру строительства морской арктической техники, опираясь на разработанные государственные программы. Рассмотрена ретроспектива пополнения флота России.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor "MathType." Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

SUMMARIES

UDC 338.28 **Key words:** triple-hulled nuclear icebreaker, cargo shipping, ice conditions, competitive advantages, annual operating costs, commercial efficiency, break-even condition, cost effectiveness.

E.M. Appolonov, A.V. Abramov, D.S. Khmara, M.A. Zagorodnikov. Evaluation of alternative advanced nuclear icebreaker design, construction and exploitation // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 7

This paper contains comparative evaluation of designed icebreaker's technical and engineering characteristics to acting nuclear icebreakers and to icebreaker Lider, which is currently being developed in parallel. It describes the priority areas of icebreaker work which were defined taking into account ice conditions and potential volume of transportation via the Northern Sea Route and characteristics of transport vessel.

It also presents the estimation of lead vessel's lifecycle cost, performed for further usage of this evaluation when developing feasibility report. Annual revenue from icebreaker operation was defined taking into account assumed and processed in this calculation information.

Money flow for the period of icebreaker operation and the income from the project and breakeven point are defined and also commercial efficiency of designed triple-hulled nuclear icebreaker is specified. T. 7. Pic. 3. Ref. 12 titles.

UDC 629.553:821.029.533.6 **Key words:** bunkering tanker, construction, equipment, performance characteristics, overall results

Yu.I. Rabazov. Experience of designing and construction of bunkering tanker for OJSC MMC Norilsk Nickel // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 13

The paper analyzes design and construction experience of bunkering tanker, having 1200 t dead-weight carrying capacity, which was developed by OJSC Design Bureau "VympeL". Its performance characteristics, structure of the equipment are provided here as well, design features and the reasons of construction term delay are considered. Pic. 2.

UDC 629.5.01: 629.542 **Key words:** mixed river-sea going ship, delivery to the Northern territories, ice conditions, safety, analysis

G.V. Egorov, V.I. Tonyuk, E. Yu. Durnev. Multipurpose of mixed river-sea going dry cargo vessel for delivery to the Northern territories // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 17

An analysis of the acting cargo flows and of the fleet working for northern delivery is given. Actual navigation conditions and logistic schemes are analyzed. The modern concept of the dry cargo vessel for northern delivery is offered. T. 3. Pic. 12. Ref. 7 titles.

UDC 629.56 **Key words:** OJSC Pella, Line trawler, designing, construction

I. L. Vaisman, I.I. Mashura. OJSC Pella has constructed the first line trawler in Russia // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 25

The article acquaints us with the line trawler designed by OJSC Pella and constructed by them, using the extrabudgetary resources. At the same time the international experience of construction and operation of such vessels was considered and adapted taking into account the requirements of The Russian Maritime Registry of Shipping. The main characteristics of a vessel and design features are provided and also the equipment is characterized.

The experience of OJSC Pella shows the need for development of directly applicable federal laws on the state support and economical motivation of Russian customers of modern fishing vessels.

The constructed vessel is transferred to the Norwegian fishery company. Pic. 3.

UDC 002 **Key words:** marine aviation, training facility, jet blast deflector, new equipment, import substitution.

I.S. Sukhovinsky, K.M. Klyaus, P.Yu. Petrov. Construction of jet blast deflector for needs of Naval aviation of the Russian Navy // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 29

Paper contains main data on construction of the special equipment for a military training area of Naval aviation of the Russian Navy, development of regulations for flights from the aircraft carrier deck and the principles of equipment operation providing take-off of airplanes. The jet blast deflector intended for equipment and staff protection against a jet stream of the flying-up machines is described. Pic. 3.

UDC 629.551.001:621:629 **Key words:** fishing vessel, foreign project, optimum solutions

A.S. Solov'yov, D.N. Egorov. Problems of fishing vessel foreign project adaptation to conditions of Russian shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 31

The paper analyzes in detail practical questions arising at when Russian shipyards use fishing vessel engineering designs developed by foreign project companies and optimum solutions of described problems on the basis of PJSC Vyborg Shipyard practical experience. Pic. 3.

UDC 532.5.07 **Key words:** wing, trailing vortex, oscillations, attack angle, visualization

A.S. Guzeev, A.I. Korotkin. Experimental investigations of vortices' structure near airfoil performing rotary oscillation on attack angle // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 34

Paper provides results of experimental investigations of trailing vortex structure arising behind the wing making periodic oscillations on attack angle are provided. Researches were conducted in a vertical hydrodynamic pipe using methods of flow visualization. The possibility of cross trailing vortex control by means of longitudinal whirlwinds vortex generator is shown. Pic. 9. Ref. 5 titles.

UDC 629.5.035 **Key words:** multifunctional two-stage bladed propeller, controller, hydrodynamic characteristics, tests, energy saving

A.R. Togunyat, L.I. Vishnevsky, S.V. Kaprantsev. Model investigations of hydrodynamic characteristics of multifunctional two-stage bladed propeller behind vessel hull // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 35

On the results of model hydrodynamic tests of multifunctional two-level bladed propeller, placed behind the vessel hull, carried out in the model testing basin of Krylov State Research Centre. Possibilities of compromise solutions on choice of rear step blades geometry for multifunctional two-stage bladed propeller (the dual-mode counterpropeller) for obtaining high hydrodynamic performance both at energy saving mode, and at reactive mode, i.e. low speed of a vessel are investigated. Energy save assessment is executed at full speed and power required for vessel low speed movement under the influence of counterpropellers with different geometry. Calculations showed that the vessel equipped with multifunctional two-stage bladed propeller will receive an additional mark to the main symbol of the Russian maritime registry of shipping providing the evidence of propulsive system elements reservation. Tests showed that except energy saving (6,4%) at full speed (16,5 knots) the multifunctional two-stage bladed propeller ensures the effective functioning at low vessel speed. T. 2. Pic. 6. Ref. 8 titles.

UDC 6.62 623-9 **Key words:** standartization, vessels, maintenance, repair, documentation for repair

Yu. I. Vitenbergsky. New documents on standartization of the Navy vessels maintenance and repair system // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 41

Information on status of military standards development, military standards of shipbuilding and regulating documents with AΦBF designation according to system of the Navy vessels maintenance and repair carried out by JSC 51st central technological institute ship repairing is provided. The summary of standards which are not put into operation yet and the short description of their differences from replaced standards are provided. Magazine readers are offered to send the notes and

offers based on experience of application of standards put into operation. T. 1.

UDC 681:618.0.26.2 **Key words:** indicator, indicative management, competitive ability, controlling, finance management, financial cycle

A.V. Ivankovich. Possibilities of indicators application in the system of strategic management // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 42

It is shown that the indicator as management information carrier has an indisputable advantage over a quantitative index, and indicative planning is not identical to directive. It is a method of subsystems resources consolidation for achievement of objects set by the system.

The choice as the global indicator of production volume will be the best solution. It characterizes the possibility for making products and implementing them, having met effective demand. T. 1. Ref. 5 titles.

UDC 621.313.281.1 **Key words:** ship power plants and their elements

"Fastems" flexible machining system for processing parts of explosion proof electric motors // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 47

Flexible machining system on base of "Fastems" company solution allows achieving micron-accurate processing combined with high efficiency at job-lot production of wide list of explosion proof motors' parts. Pic. 3.

UDC 621.313.281.1 **Key words:** switched reluctance electric drive, low noise electric actuator

A.S. Petrushenko, A.V. Sokolov, O.V. Epifanov. Field experience of reduction of switched reluctance electric drive oscillating and noise characteristics // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 49

The experience of mass production setting for switched reluctance electric drive is described. Tests analysis is provided and offers on construction improvement for low noise ensuring are provided. T. 1. Pic. 5.

UDC 62-231.322.3 **Key words:** open gear, wear, titanium alloys, test-bench equipment, tests results

P.P. Selyuta. Operational life testing of open gear made of titanium alloys // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 53

The test-bench equipment for tests of open gear is considered. Results of accelerated and resource tests of gear manufactured of titanic alloys and their performance in sea water without lubricant are given.

Schedules of teeth wear dependence on operating time of the gear and hardened layer endurance curve based on 7×10⁵ of cycles for PT-3V alloy with oxidation in graphite are provided. Pic. 4.

UDC 624.044:658 **Key words:** pipes, stress and strain state, bend, theory.

O.O. Lebedev. Analysis of stress and strain state of curved pipes in the process of pure bending // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 54

The theoretical research of stress and strain state of curved pipe during pure bending is offered. The analysis of earlier received classic solutions of the specified question is made and their advantages and disadvantages are revealed. Differences of the method applied in research from classic solutions of a question are determined. Offers on received results use in further researches, and also in design process of outboard systems pipelines for submersibles and deep-water engineering stations are provided. Pic. 4. Ref. 3 titles.

UDC 621.316.925 **Key words:** measuring element, relay protection, functions of specific damage, ship electric installations, failure to operate, probability of faultless operation, reliability, optimization

V.M. Prikhod'ko, I.V. Prikhod'ko, V.Yu. Luchkin. Probable description of operating characteristics of ship electric installations measuring elements shutdown // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 57

It is shown that ship electric installations protection failure to operate can be caused by two reasons: protection measuring elements failure to operate because of the influence of following characteristics accidental variations: short circuits, errors of protection elements and interferences, and also device elements failure to operate i.e. unreliability of operation. The function of average specific damage of ship electrical power system is presented taking into account reliability of relay protection device, the analysis of which shows that efficiency of optimization directly depends on reliability of the device of relay protection of ship electric installation, and does not depend on time since the beginning of shutdown operation in ships for elementary and stationary flow of protection failure to operate consequently because of unreliability. Ref. 25 titles.

UDC 536.24 **Key words:** thermal resistance, heat exchange, hydraulic resistance, risk, assessment, simulation modelling

V.V. Medvedev, M.V. Lakiza. Risk assessment at designing and operation of ship heat exchangers taking into account heat-exchange surfaces contamination // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 59

Results of method and software package development are provided and they allow assessing the risk of heat exchangers fault because of heat-exchange surfaces contamination using simulation modelling. T. 1, Pic. 3, Ref. 9 titles.

UDC 551.323.02:629.067 **Key words:** ice information system, monitoring, ice conditions forecast, decision making support system

V.V. Rybii, D.V. Kazunin, O.Ya. Timofeev, V.A. Belyashov, A.A. Pronyashkin, I. D. Kazunin. The Russian ice information system is critical to the successful development of the Arctic // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 63

On the basis of the analysis of the best foreign practices for construction of ice conditions monitoring systems in the area of sea oil and gas fields operation, within the Federal target program "Development of Civil Marine Facilities" for 2009–2016 by specialists of federal state unitary enterprise "Krylov State Research Centre" jointly with specialists of JSK "Kronstadt" and federal state unitary enterprise "Arctic and Antarctic Research Institute" ice situation multi-level monitoring technology is developed. The developed ice information system allows near real-time controlling and predicting of ice situation, and also providing specialists responsible for operational management decisions in the Russian Arctic with the information. The ice information system has the local and centralized information processing level that allows keeping the echelon case analysis and different detailing of ice conditions forecast and icebreaking capability of ships. Pic. 10, Ref. 1 titles.

UDC 621.396.966 **Key words:** mathematical model, modelling algorithm, echoed signal, random field

Yu.F. Podoplekin, D.A. Shepeta, V.A. Menashev. Input signals modelling for aircraft radars caused by probing signal reflections at underlying surfaces of ground and sea // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 69

In modern highly-accurate aircraft radars complex signals with high compression rate and algorithms of antenna system aperture synthesizing are used for the increase of distance resolution and angular data. When modelling such locators operation on computer there are procedure error connected with space and correlation dependences of underlying surfaces echo signals. The method of procedure error reduction based on mathematical model of reflections in the form of stochastic non-Gaussian fields with set spatially-temporal correlation and spectral-response characteristic is offered. The possibility of modelling process acceleration is specified when using correlation dependences simplified types considering only the width of of reflected signals fluctuations range. Pic. 2, Ref. 10 titles.

UDC 681.5 **Key words:** stabilization system, hierarchic two-level management discipline, resource management allocation problem, Lyapunov's direct method

S.K. Volovodov, A.V. Smolnikov. Stable algorithm for mobile dynamic objects control with transient process transient process // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 73

Paper describes synthesis method of stable according to Lyapunov's method systems for stabilization of aero- and hydrodynamic mobile dynamic objects on the set linear path and with the permanent angles of spatial orientation. The stabilization system provides independent control for each of the six degrees of mobile dynamic objects freedom in the connected coordinate system, and it consists of the top level nonlinear controller which creates the generalized control vector in the coordinate system connected with an object and bottom level controller which distributes the received generalized control vector on executive bodies on the basis of current coordinates measurements (kinematic characteristics of the movement in the motionless system and in coordinate system connected with the object). The top level controller synthesis problem

solution is provided by means of Lyapunov's direct method. It is shown that application of such control allows describing the controlled movement of mobile dynamic objects with linear differential equations in the coordinate system connected with an object, and coefficients of this system are parameters of the regulator and can be chosen according to condition of transition process set time providing. The example of such systems calculation and results of modelling are shown. Pic. 4, Ref. 6 titles.

UDC 551.466.18 **Key words:** sea bottom configuration, inspection, survey, technical facilities and methods, possibilities of application

A.F. Zen'kov, N.N. Neronov, A.M. Sharkov, Yu. N. Balesnyi. On tendencies of development and possibilities of technical facilities and inspection methods application and sea bottom configuration survey // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 77

The paper generally analyzes results for works of PJSC State Research Institute for Navigation and Hydrography on technical facilities and sea bottom configuration survey and their application are provided for maritime activities problems solving. Possibilities' assessment of their development and usage for the foreseeable future is presented. T. 2, Pic.3, Ref. 7 titles.

UDC 623.98 **Key words:** electronic cartography navigation system, electronic chart, navigational sailing safety

P.G. Fedorov. ECDIS "Alaska-Ch" is a modern electronic navigation system // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 83

General information on home-produced electronic cartography navigation system developed by JSC Marine Bridge and Navigation Systems is presented. "Alaska-Ch" electronic cartography navigation system is intended for information support of vigational sailing safety and other navigation problems solving at application as a part of "Chardash" integrated navigation system or for other self-supporting application on first to third rates ships and the Navy support vessels. T. 2, Pic. 7, Ref. 3 titles.

UDC 623.9 **Key words:** the Arctic Region, safety, mobile submarine robotic platform

A.A. Kurnosov, K.I. Armashev, V.Yu. Dorofeev. Safety related system of the Russian Federation in Arctic region on the base of mobile submarine robotic platform // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 87

It is shown that mobile submarine robotic platforms allow to reduce the above-water and underwater security threats in the Russian Arctic zone and in the state in general at that practically independently from meteorological conditions and also effective producing of mineral products.

UDC 629.5.061 **Keywords:** carbon fiber, integrated bridge system, bridge system, integration

E.M. Balushkin Application of modern technologies at bridge system development // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 88

Possibilities of ship operating characteristics' increasing are considered on account of shared use of bridge system and technical facilities control system and of application of modern hardware and software packages and hull materials. Ref. 3 titles.

UDC 658 **Key words:** shipbuilding industry members, professional risk, risk dynamics, simulation of disease incidence risk, working environment, nonoccupational factors

G.A. Sorokin, V.L. Suslov. Quantitative model for prediction of pensionable employment dynamics of shipbuilder chronic illness risk // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 90

Computer model description is presented for predicting pensionable employment dynamics of shipbuilder chronic illness risk at different stages of labour conditions health hazard taking into account the action of nonoccupational factors, i.e. personnel turnover, medical selection, ecological and social factors. Expected risk dynamics examples are provided. The model is used for determining the number of workers and pensionable employment period at different stage of labour conditions health hazard. T. 3, Pic. 4, Ref. 7 titles.

UDC 061.2 **Key words:** lifting boring apparatus, semi-submersible installations, damages, accidents, reasons, accident elimination

R.N. Karaev. Measuring the accident rate of marine oil and gas facilities. Part 2. // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 94

Sea oil and gas facilities accidents at lifting boring apparatus transportation, their construction and operation are considered in detail as well as typical reasons of their origin and elimination methods for accidents caused by these damages. Pic. 1, Ref. 3 titles. Part 1. See "Morskoy vestnik", 2016, No.3 (59).

UDC 629.5.33 **Key words:** high speed ships, steel hull,

aluminium hull, high-speed diesels, medium-speed diesels

A.V. Pustoshny, Vunna Moe. On possibility of commercial characteristics improvement for high speed vessels for developing countries for account of design solutions// Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 97

In relation to a problem of high-speed water passenger transport network creation for developing countries taking into account the restrictions existing for them, the possibility of steel hull application on high-speed single hull boats and catamarans instead of aluminium that is traditional for such ships, and also of the medium-speed diesels instead of high-speed ones is considered. The necessary change of water displacement and power required for preserving of the set sailing set is analyzed, and analysis results of ship's economic operational indicators change are provided. Applicability limits of considered technical solutions are discussed. T. 5, Fig. 4, Ref. 3 titles.

UDC 627.77 **Key words:** rescue vessel, federal system of asea search and rescue, search and rescue support, search and rescue equipment, strategy, program

V.N. Ilukhin. Russian Scientific-Technical Society of shipbuilders named after academician Krylov and his role in development of the federal system of search and rescue support for maritime activities. For 150th anniversary of Russian Scientific-Technical Society of shipbuilders named after academician Krylov// Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 103

The main role of the Russian Scientific-Technical Society of Shipbuilders named after academician Krylov in development of the federal system of search and rescue support of maritime activities at the end of 90th of XX century and at the beginning of XXI century is considered as well as strategies and outstanding problems of rescue vessel of different application development taking into account their place and role as a part of the federal system of asea search and rescue and ways of their solving. Pic. 3, Ref. 4 titles.

UDC 629.5 **Key words:** destroyer "Neustrashimiy", project, performance characteristics, reequipment

V.E. Yuhnin. The ship that is ahead of its time// Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 111

The article gets us acquainted with the history of torpedo destroyer of "Neustrashimiy" project that is intended for ocean navigation. Its performance characteristics are provided; weapon structure, limitations and possibility of reequipment are defined. Pic. 3, Ref. 1 titles.

UDC 629.5 **Key words:** "Almaz" research and manufacturing association, "Tarantul" border guard cruiser, armament, performance characteristics

D.Yu. Litinsky. Border guard ship "Tarantul". Part 3. // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 113

The article includes the end of the story about "Tarantul" border guard cruiser of project 205 creation. Its main performance characteristics are given, weapon structure and structural peculiarities are characterised. Pic. 3. See beginning of the article in "Morskoy vestnik", 2016, No.2 (58) and No.3 (59).

UDC 621.165 **Key words:** naval construction, perspectives

A.B. Zemlyanov, M.Yu. Grishin, M.M. Chetvertakov. Modern Russian naval construction and perspectives of its development in XXI century // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 117

Main objectives stated in "Shipbuilding program for 2050", approved by the President of the Russian Federation on May 1, 2014, the system of principles underlying this Program and the possibilities of financing ships construction. Implementation of these objectives will provide progressive advance of the Navy of the country. T. 4, Pic.3, Ref. 4 titles.

UDC 629.551.001.18 **Key words:** civil fleet, needs, shipbuilding yard, possibility

S.I. Buyanov. Needs of Russian maritime transport in shipbuilding production // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 121

Russian needs for fleet for providing cargo transportation through maritime port of the country are analysed. The prediction of new fleet building for Russian shipping company is given.

UDC 629.5/688 **Key words:** marine facilities, North plants, perspectives

V.M. Popov. Perspectives and problems of North plants during the process of marine facilities production // Morskoy Vestnik. 2016. №4(60). P. 123

The paper rises problems and objectives that should be solved by Arkhangelsk shipbuilding territory cluster at the early date and within the Centre of maritime Arctic facilities building on the bases of developed state programs. The retrospective of Russian fleet augmentation is considered.