

Морской

Вестник



№1(65)

М а р т

2 0 1 8

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



Морское бюро машиностроения «Малахит» отмечает свой юбилей.

Бюро под № 143 было создано по Постановлению Совета Министров СССР и ЦК КПСС 31 марта 1948 г. для проектирования скоростных подводных лодок с нетрадиционной энергетикой.

В октябре 1949 г. было создано другое конструкторское бюро – № 16 – также по Постановлению Совета Министров СССР и ЦК КПСС. Предполагалось, что оно будет проектировать легкие и тяжелые крейсера.

В феврале 1974 г. оба эти предприятия были объединены в одно, в дальнейшем получившее наименование Санкт-Петербургское Морское бюро машиностроения «Малахит».

За 70 лет своего существования «Малахит» совместно с многочисленными научно-исследовательскими институтами, заводами-строителями, разработчиками и поставщиками комплектующего оборудования, службами и личным составом ВМФ внес огромный вклад в развитие отечественного подводного кораблестроения. По его более чем 50 проектам построено на верфях страны свыше 300 боевых и опытных подводных лодок (в том числе 100 ед. с атомной энергетической установкой), глубоко-водных аппаратов, баз лабораторий, судов обеспечения и погружающих стендов для отработки новых видов оружия и подводной техники.

В связи с международной обстановкой, которую назвали потом «холодной войной», необходимо было резко повысить боевую эффективность подводных лодок (ПЛ), создать «единый двигатель надводного и подводного хода».

С первых дней существования бюро под руководством начальника и главного конструктора, инженера-капитана 1 ранга А.А. Антипина включилось в работы по проектированию ПЛ с парогазовой установкой (турбиной), использующей в качестве окислителя перекись водорода.

Строительство ее началось в 1951 г. и завершилось сдачей в 1956 г. Однако в

70 ЛЕТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМУ МОРСКОМУ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ «МАЛАХИТ»

*Р.А. Шмаков, ведущий специалист по истории проектирования
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 8569*

1953 г. дальнейшие работы по строительству этой ПЛ были переданы в ЦКБ-18 (ныне – ЦКБ МТ «Рубин»). Весь личный состав СКБ-143 и документация по пр. 617 были переданы также в ЦКБ-18. В бюро, которое было переориентировано на решение новых более сложных задач, осталось работать 64 человека. Об этом – несколько позже.

Стремительное развитие науки и техники в первое послевоенное десятилетие способствовало созданию ПЛ, вооруженных новым видом оружия – баллистическими ракетами.

«Малахит» (в то время ЦКБ-16) в тесном контакте с КБ-1 НИИ-88 под руководством главного конструктора ПЛ Н.Н. Исанина и главного конструктора С.П. Королева в 1954 г. по теме «Волна» разработало проект первого отечественного подводного ракетносца – В611.

В результате серии испытаний и отработки пускового комплекса на береговых и морских стендах 16 сентября 1955 г. состоялся пуск ракеты из надводного положения с ПЛ Б-67 пр. В611, построенной Северным машиностроительным предприятием в Северодвинске. Это был первый в мире запуск баллистической ракеты с ПЛ.

В дальнейшем была построена серия ПЛ пр. АВ611 (5 ед.), а по пр. 629 вначале с ракетой Р-11ФМ (надводный старт), а затем с ракетой Д-4 (подводный старт) целая серия ПЛ (23 ед.). Подводные лодки строились, а затем переоборудовались на «Севмашпредприятии», «ПО «Звездочка» (г. Северодвинск) и «Дальзавод» (г. Владивосток).

Создание мощного ракетного подводного флота является одной из слав-



Николай Никитич Исанин

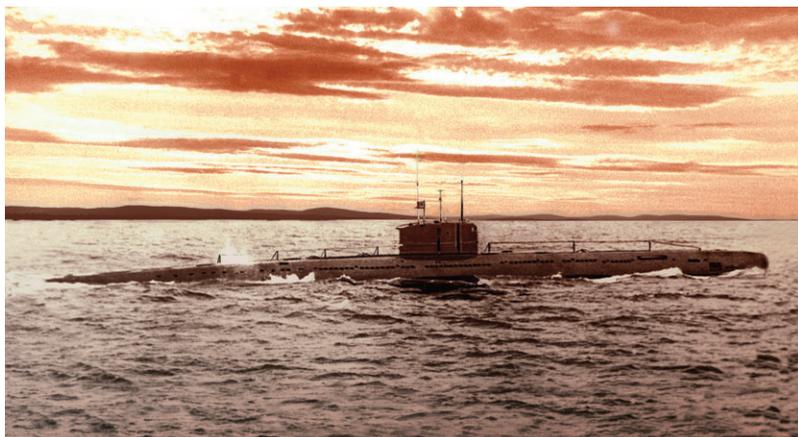
ных страниц отечественного подводного кораблестроения. За эти работы бюро было награждено орденом Ленина, а большой группе специалистов вручены ордена и медали. Главный конструктор Н.Н. Исанин был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Одним из важнейших направлений бюро были и остаются работы по созданию ПЛ с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ). Применение этой установки решило проблему единого двигателя и привело к коренному изменению потенциальных возможностей ПЛ и резкому повышению их боевой эффективности.

Чуть разработки первой отечественной атомной подводной лодки (АПЛ) пр. 627, а затем серии АПЛ пр. 627А (12 ед.) принадлежит коллективу «Малахита». Начатые в 50-х гг. интенсивные работы в этом направлении велись совместно с огромным количеством других НИИ, бюро и научных предприятий.

Главным конструктором пр. 627 (и начальником СКБ-143) в 1952 г. был назначен инженер-капитан 1 ранга В.Н. Перегудов. Научным руководителем установки и корабля в целом назначен заместитель директора «Курчатовского института» (ныне – это НИЦ «Курчатовский институт») академик А.П. Александров.

Всего шесть лет ушло от принятия решения по созданию первой отечественной АПЛ до ее вступления в состав
(Продолжение см. с.6)



Опытная ПЛ пр. 617 с парогазотурбинной энергетической установкой

Морской Вестник



№ 1 (65)

м а р т

2 0 1 8

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редационный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

В.С. Никитин, генеральный директор ФГУП «КГНЦ»,

президент Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Турчин, и.о. ректора СПбГМТУ

Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

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»

А.А. Дьячков, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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

М.А. Иванов, генеральный директор

АО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

АО «Концерн "Гранит-Электрон"»

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

Л.Г. Кузнецов, генеральный конструктор

АО «Компрессор»

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

И.М. Мухутдинов, генеральный директор

ПАО СФ «Алмаз»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.Г. Родионов, генеральный директор

АО «Кронштадт Технологии»

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

С.Б. Сухов, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "Морфлот"»

В.В. Ханычев, генеральный директор

АО «ЦНИИ "Курс"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «Пелла»

В.В. Шаталов, генеральный директор

АО КБ «Вымпел»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор

АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

Р.А. Шмаков. 70 лет Санкт-Петербургскому Морскому бюро машиностроения «Малахит».....	1
Д.Е. Цыганков. АО «ЦМКБ «Алмаз»: краткие итоги 2017 года	11
М.В. Бахров. Опыт проектирования и строительства дизель-электрического ледокола «Илья Муромец» пр. 21180 для ВМФ России	15
Д.В. Курочкин. Современные десантные авианесущие корабли иностранных ВМС	19
Г.В. Егоров, М.А. Кутейников, И.Ф. Давыдов, В.И. Тонюк, М.Е. Захаров. Обоснование надводного борта кранового несамоходного судна «открытого» типа расчетным моделированием качки и заливаемости	27
Г.А. Зомба, Я.И. Фивейский. «Пелла» осваивает серийное строительство морских промысловых судов.....	33
Б.П. Ионов, Н.А. Кузьмин, М.Ю. Сандаков, Н.Е. Тихонова. Оценка ледовых условий при создании геометрии корпуса судна ледового плавания	36

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Иванкович. Новые вызовы – новые подходы	39
Умная автоматизация снижает временные затраты на переналадку.....	47

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

П.А. Копров. Разработка судовой холодильной установки в условиях импортозамещения.....	49
А.А. Неёлов, А.С. Ткачев. Особенности автоматической системы технического учета электроэнергии морского объекта.....	53
С.М. Дудин, А.Ю. Мазуренко. Исследование конструкции привода с кулисным механизмом	56
Сотрудники ООО «Винета» – лауреаты конкурса «Инженер года-2017»	61
А.А. Темникова, А.Р. Рубан. Статистический анализ мощностных показателей ледоколов	63

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Ю.И. Нечаев. Самоорганизация активных динамических систем поддержки управленческих решений при контроле морских катастроф	67
К 85-летию профессора Ю.И. Нечаева	73
Е.Е. Версоцкий. Перспективный тренажер для тренировок стрельбовых расчетов надводных кораблей Военно-Морского Флота России	75
В.В. Ефимов, В.М. Кондратенко. Интегрированная система управления	



научно-исследовательским судном Росрыболовства – шаг к цифровизации рыбопромыслового флота 77

А. А. Кобяков, К. В. Лапшин, Ю. А. Ямицкий. Концепция разработки интеллектуальных систем мониторинга и диагностики сложных динамических объектов..... 85

В. В. Кобзев. Моделирование процесса принятия решений на основе нечеткой логики..... 87

А. Ф. Зеньков, С. И. Мастрюков, П. Г. Бродский, В. Ю. Бахмутов. Технологии информационного обеспечения океанографическими данными автономных необитаемых подводных аппаратов 93

Г. П. Дремлюга. Использование БПЛА «Глобал Хок» в интересах ВМС США и вооруженных сил стран НАТО..... 98

Р. В. Гетьман, А. А. Затеев, Ю. М. Иванов, В. Я. Матисов, В. Г. Семенов. Анализ погрешностей измерений магнитного момента кораблей в дальнем поле 102

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

Д. А. Скороходов, В. Ю. Каминский, А. Л. Стариченков. Принципы оценки эффективности системы управления безопасностью судоходной компании 105

К 75-летию профессора Д. А. Скорохова..... 109

П. А. Шауб, С. В. Московкина. Динамическая оценка опрокидывания аварийного судна в штормовых условиях при наличии крена 110

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

В. С. Никитин. Инновационные направления развития судостроения в России 113

Г. А. Коржавин. Создание перспективной радиолокационной техники для корабельных и береговых комплексов..... 117

П. И. Малеев. Состояние и основные направления работы Инновационного комитета Научно-технического общества судостроителей им. акад. А. Н. Крылова..... 120

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Итоги совместных собраний Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции судостроения Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга..... 121

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

47-я Ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрании 125

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, проф.
Б. П. Ионов, д-р техн. наук, проф.
Д. В. Казунин, д-р техн. наук
Р. Н. Караев, канд. техн. наук
Ю. Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А. И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
П. И. Малеев, д-р техн. наук
Ю. И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.
Ю. Ф. Подоплёткин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В. Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.
Л. А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю. Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.
А. В. Пустошный, чл.-корр. РАН
А. А. Родионов, д-р техн. наук, проф.
К. В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
В. И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н. П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Редакция

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

Редактор

Т. И. Ильичёва
 Дизайн, верстка
С. А. Кириллов, В. Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,
 наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н
 Журнал зарегистрирован Министерством РФ по
 делам печати, телерадиовещания и средств массовых
 коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ
 № 77-12047 от 11 марта 2002 г.

Учредитель-издатель

ООО «Издательство «Мор Вест»»,
 190000, Санкт-Петербург,
 наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

Электронная версия журнала

размещена на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включена в Российский индекс научного цитирования
Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник» включен в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
 www.perechen.vak2.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу Агентства «Роспечать» или непосредственно в редакции журнала через издательство «Мор Вест»
Отпечатано в типографии «Премиум-пресс»
 Тираж 1000 экз. Заказ № 304

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



Editorial Council

Chairman

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

Co-chairman:

V.L. Alexandrov, President of the Association
of Shipbuilders of St. Petersburg and Leningrad Region

V.S. Nikitin, General Director FSUE KSRC,

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

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

A.A. Diachkov, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

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

V.V. Khanychev, General Director

JSC 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, General Designer

JSC Compressor

G.N. Muru, Executive Director JSC 51 CDTISR

I.M. Mukhutdinov, General Director

JSC SF Almaz

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

A.G. Rodionov, General Director

JSC Kronstadt Technologies

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director JSC CMDB Almaz

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

S.B. Sukhov, General Director

JSC Pumori-north-west

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

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

R. A. Shmakov. 70 th anniversary of the Malachite Saint-Petersburg Marine Design Bureau	1
D. E. Tsygankov. JSC CMDB Almaz: brief results of 2017	11
M. V. Bakhrov. Experience in the design and construction of the «Ilya Muromets» project 21180 diesel-electric icebreaker for the Russian Navy	15
D. V. Kurochkin. Modern amphibious aircraft carrier ships of foreign naval forces... 19	
G. V. Egorov, M. A. Kuteinikov, I. F. Davydov, V. I. Tonyuk, M. E. Zakharov. Substantiation of the freeboard side of a crane non-self-propelled vessel of the «open» type by calculating the modeling of rolling and pouring	27
G. A. Zomba, Ya. I. Fiveysky. Pella is mastering the serial construction of sea fishing vessels	33
B. P. Ionov, N. A. Kuz'min, M. Yu. Sandakov, N. E. Tikhonova. Evaluation of ice conditions in the creation of the geometry of the hull of an ice navigation vessel	36

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

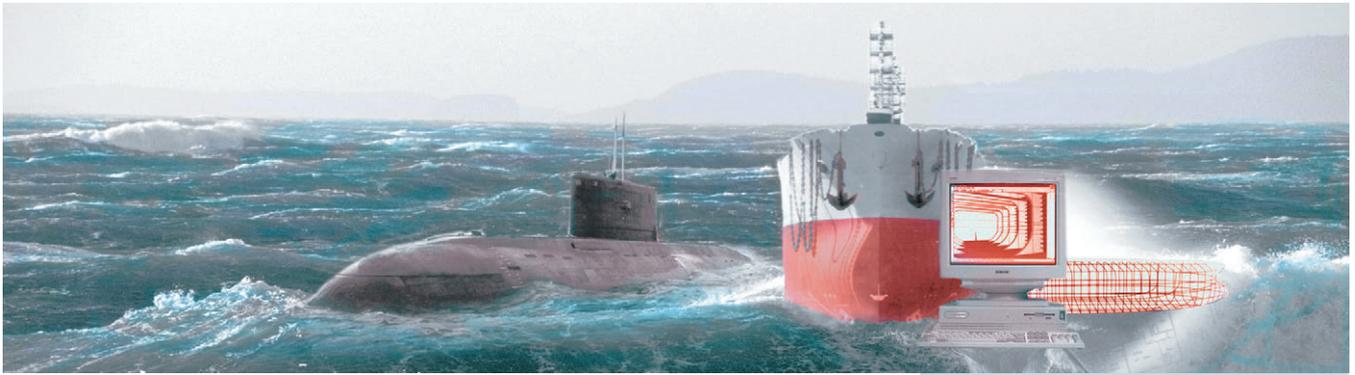
A. V. Ivankovich. New challenges – new approaches	39
Intelligent automation reduces the time spent on reconfiguration	47

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

P. A. Koprov. Development of a ship refrigerating plant under conditions of import substitution	49
A. A. Neyolov, A. S. Tkachev. Features of the automatic system of technical accounting of electric power of a marine object	53
C. M. Dudin, A. Yu. Mazurenko. Investigation of the design of the drive with a link mechanism	56
Employees of JLC Vineta – laureates of the contest «Engineer of the Year-2017»	61
A. A. Temnikova, A. R. Ruban. Statistical analysis of power indicators of Icebreakers	63

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

Yu. I. Nechaev. Self-organization of active dynamic systems for support of management decisions in the control of marine catastrophes	67
To the 85 th anniversary of Professor Yu. I. Nechaev	73
E. E. Versotsky. A perspective simulator for the training of shooting calculations of surface ships of the Russian Navy	75



V. V. Efimov, V. M. Kondratenko. *Integrated control system for research vessel for Rosrybolovstvo – a step towards the digitization of the fishing fleet* 77

A. A. Kobyakov, K. V. Lapshin, Yu. A. Yamshchikov. *The concept of developing intelligent systems for monitoring and diagnosing complex dynamic objects*..... 85

V. V. Kobzev. *Modeling the decision-making process based on fuzzy logic* 87

A. F. Zen'kov, S. I. Mastryukov, P. G. Brodsky, V. Yu. Bakhmutov. *Technology of information support by oceanographic data of autonomous uninhabited underwater vehicles*..... 93

G. P. Dremlyuga. *The use of the Global Hawk UAV in the interests of the US Navy and the armed forces of the NATO countries*..... 98

R. W. Get'man, A. A. Zateev, Yu. M. Ivanov, V. Ya. Matisov, V. G. Semenov. *Analysis of the errors in the measurement of the magnetic moment of ships in the far field* 102

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

D. A. Skorokhodov, V. Yu. Kaminsky, A. L. Starichenkov. *Principles of assessing the effectiveness of the security management system of the shipping company* 105

To the 75th anniversary of Professor D. A. Skorokhodov 109

P. A. Shaub, S. V. Moskovkina. *Dynamic assessment of the overturning of an emergency vessel in storm conditions in the presence of a roll*..... 110

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

V. S. Nikitin. *Innovative directions of development of shipbuilding in Russia* 113

G. A. Korzhavin. *Creation of advanced radar technology for ship and coastal complexes* 117

P. I. Maleev. *State and main directions of work of the Innovation Committee of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A. N. Krylov* 120

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

Results of the joint meeting of the Association of Shipbuilders of Saint-Petersburg and the Leningrad Region and the Shipbuilding Section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg 121

IN THE MARITIME ASSEMBLY

47th Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Assembly 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.

P. I. Maleev, D. Sc.

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

Yu. F. Podopliekin, 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. Rozhdstvensky, D. Sc., Prof.

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T. I. Ilyichiova

Design, imposition

S. A. Kirillov, V. L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya

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

Russian index of scientific citing

By the decision of the Council of VAK the Morskoy

Vestnik magazine is entered on the list of the leading

scientific magazines and editions published in the

Russian Federation where basic scientific outcomes of

doctoral dissertations shall be published.

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 № 304

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



Владимир Николаевич Перегудов

военно-морского флота. В США ту же задачу решили за десять лет. С 1958 по 1964 г. была построена серия из 13 АПЛ пр. 627 и пр. 627А.



Атомная ПЛ пр. 627

В июле 1962 г. АПЛ «К-3» («Ленинский комсомол») впервые в истории подводного флота достигла Северного полюса.

Отработанная на АПЛ «К-3» пр. 627 атомная установка с ее конструктивными и инженерными решениями проложила дорогу созданию отечественных АПЛ всех классов и назначений, дав начало атомному подводному кораблестроению в Советском Союзе.

За создание этого корабля в 1959 г. бюро было награждено орденом Ленина, 104 человека награждены орденами и медалями, а главный конструктор В.Н. Перегудов удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Вслед за сдачей флоту первой АПЛ по документации бюро была построена и сдана в 1963 г. ПЛ пр. 645 (главный конструктор В.Н. Перегудов, затем с 1956 г. А.К. Назаров) с паропроизводящей установкой, имевшей жидкий металлический теплоноситель в первом контуре – эвтектический сплав свинец-



Атомная ПЛ пр. 661

висмут. Более высокие параметры пара открыли возможность создания ЯЭУ с меньшими массогабаритными характеристиками и повышенным КПД. Лодка с таким теплоносителем в первом контуре была первой не только в нашей стране, но и в мировой практике подводного кораблестроения.

ения, машиностроения, металлургии и электроники.

Огромный вклад в создание этой ПЛ принадлежит ЦНИИ КМ «Прометей» (ныне этот коллектив входит в состав НИЦ «Курчатовский институт»). Директором ЦНИИ в тот период был Г.Н. Капырин, главным инженером – И.В. Горынин.

Построенная на «Севмаше» ПЛ успешно прошла ходовые и государственные испытания и была передана флоту в 1969 г. Наряду с высокими показателями боевой эффективности на этом корабле была достигнута рекордная подводная скорость в 44,7 уз, никем в мире непревзойденная до сих пор.

Не менее знаменательной вехой подводного кораблестроения стали работы по проектированию титановой, комплексно-автоматизированной АПЛ пр. 705 (705К). Инициатива создания такой ПЛ принадлежит В.Н. Перегудову, А.П. Александрову и П.Г. Котову.

При разработке этого проекта был осуществлен качественный прорыв к более совершенным решениям в области кораблестроения, электромашиностроения, материаловедения, автоматизации процессами управления лодкой и всего электронного оборудования.

Осуществлен глубокий поиск более рациональных принципов и норм

Примечательным этапом деятельности бюро стало и создание первой в мире титановой скоростной АПЛ пр. 661 (главный конструктор Н.Н. Исанин, а затем Н.Ф. Шульженко). Корабль вобрал в себя все последние достижения науки и техники в области кораблестро-



Атомная ПЛ пр. 705

проектирования боевых лодок. Все это позволило создать относительно малую ПЛ с высокой боевой эффективностью. В ее проекте был впервые реализован целый ряд революционных технических решений:

- комплексная автоматизация управления работой всех технических средств на корабле в целом из единичного главного командного пункта;
- автоматизация решения задач боевого управления кораблем и оружием на основе боевой информационно-управляющей системы;
- целостная концепция обеспечения спасения экипажа, в соответствии с которой все боевые посты и жилые помещения сосредоточены в одном отсеке, выделенные равнопрочными с прочным корпусом поперечными переборками и оборудованной всплывающей спасательной камерой для всего экипажа;
- использована ядерная паропроизводящая установка с реактором, охлаждаемым жидкометаллическим теплоносителем с прогрессивными массогабаритными параметрами;
- использована малогабаритная блочная паротурбинная установка (на пр. 705К);
- применен высокопрочный титановый сплав в качестве материала корпуса;
- внедрена электроэнергетическая система с использованием переменного тока с повышенной частотой;
- разработаны новые торпедные аппараты со всеглубинной гидравлической системой стрельбы.

Технический проект ПЛ был разработан в 1963 г. Построенная на «Судомехе» (ныне АО «Адмиралтейские верфи») опытная лодка успешно прошла ходовые испытания и в 1971 г. была передана флоту в опытную эксплуатацию.

Пр. 705 намного опередил свое время и проложил путь для дальнейшего совершенствования ПЛ следующих поколений.

Главным конструктором был назначен талантливый конструктор М.Г. Русанов. В 1974 г. его сменил на этом посту В.В. Ромин.

Постройка серии была завершена в 1992 г. АПЛ строились на двух заводах: «Адмиралтейские верфи» (4 ед.) и ПО «Севмаш» (3 ед.).

За ее создание бюро было награждено орденом «Октябрьской революции», а сотрудники бюро – орденами и медалями. Кроме того, 40 человек контрагентских предприятий удостоены Ленинских и Государственных премий.

Дальнейшим шагом в развитии подводного кораблестроения стало создание атомных многоцелевых ПЛ 2-го поколения пр. 671 и их модификаций – пр. 671РТ и пр. 671РТМ под руководством главного (генерального) кон-



Михаил Георгиевич Русанов

структора Г.Н. Чернышёва. В 1984 г. на этом посту его сменил главный конструктор Р.А. Шмаков. Технический пр. 671 был завершён в 1960 г. Головная АПЛ сдана в ноябре 1967 г.

После приемки на вооружение была построена огромная серия в 48 ед. Эти лодки в то время были самыми совершенными кораблями, они достойно несут свою службу до настоящего времени.

Эти АПЛ имели:

- осесимметричную форму корпуса с оптимальными по пропульсивным качествам обводами;
- крестообразное кормовое оперение, в котором большие горизонтальные рули дополнялись малыми рулями, предназначенными для управления на повышенных скоростях;
- носовую оконечность с совмещенным размещением в верхней части торпедных аппаратов;
- в носовой оконечности в нижней части размещался гидроакустический комплекс «Рубин» (на пр. 671РТМ – «Скат-КС»);
- одновальную главную энергетическую установку с одной турбиной и двумя реакторами;
- двухкорпусную архитектуру с развитым запасом плавучести, обеспечи-

вающим выполнение требований по надводной непотопляемости.

Многоцелевые ПЛ 3-го поколения пр. 971 (генеральный конструктор Г.Н. Чернышёв, с 1997 г. Ю.И. Фарафонов) занимают особое место в отечественном подводном кораблестроении. С созданием серии этих кораблей было ликвидировано преимущество лучших американских АПЛ по шумности и эффективности поиска и обнаружения, не говоря уже о глубине погружения, скорости и боезапасу.



Георгий Николаевич Чернышёв

В пр. 971 реализовано нетрадиционное решение по компоновке виброактивного оборудования в зональных, многопалубных блоках, отключенных от корпуса низкочастотными амортизаторами, по компоновке блока паротурбинной установки, а также применены новые технические решения:

- новая высокопрочная сталь;
- новая модификация паропроизводящей установки с улучшенной компоновкой и технологичностью;
- система безбатарейного расхолаживания паропроизводящей установки с забортными титановыми теплообменниками;



Атомная ПЛ пр. 671РТМ



Многоцелевая атомная ПЛ пр. 971

- амортизированный главный упорный подшипник валопровода;
- легкая герметичная цистерна биологической защиты для снижения уровня радиоактивной следности;
- заборные откидные колонки резервного движительного комплекса;
- разрезные кормовые рули с тремя режимами работы;
- выдвижные носовые горизонтальные рули с закрылками;
- малогабаритные трехпозиционные кингстоны системы погружения и всплытия.

На АПЛ установлен новейший гидроакустический комплекс «Скат», существенно повышающий боевую эффективность, а также ракетный комплекс «Гранат».

На серийных кораблях размещены комплекс неакустического обнаружения, пусковые установки средств противодействия, аварийные системы порохового продувания ЦГБ, более совершенные модификации некоторых комплексов РЭВ, внедрены десятки мероприятий по конструктивному улучшению акустического поля.

В 1984 г. была сдана головная АПЛ постройки завода им. «Ленинский комсомол» в г. Комсомольск-на-Амуре, а в 1988 г. – головная АПЛ ПО «Севмашпредприятие» в Северодвинске.

В 2001 г. на ПО «Севмашпредприятие» был сдан последний, седьмой, корабль «Гепард». Всего на двух заводах было построено 14 АПЛ пр. 971. Сейчас проводится глубокая модернизация кораблей этой серии.

Подводя итоги многолетней работы коллектива СПМБМ «Малахит» по созданию многоцелевых АПЛ 2-го поколения (пр. 671, 671РТ, 671РТМ, 705, 705К) и 3-го поколения (пр. 971), необходимо отметить следующее:

- Выбранный СПМБМ «Малахит» в конце 50-х гг. выбор пути создания АПЛ как подлинных подводных кораблей – однозального типа с оптимальными размерениями и обвода-

ми в виде тела вращения и с соответствующей компоновкой оборудования – доказал свое преимущество перед другими путями развития проектирования атомных многоцелевых подводных лодок.

- Этот выбор обеспечил наиболее эффективное использование имеющейся мощности для достижения максимальной скорости и маневренности.

Параллельно с проектированием АПЛ 3-го поколения в СПМБМ начались активные проработки концепции и облика ПЛ 4-го поколения, которая получила номер 885. Главным (а в дальнейшем генеральным) конструктором был назначен В.Н. Пялов.



Владимир Николаевич Пялов

21 декабря 1993 г. на Северном машиностроительном предприятии состоялась закладка головного корабля пр. 885. Однако из-за отсутствия финансирования его строительство затянулось на длительное время. Сдача корабля произошла только в декабре 2013 г.

Несмотря на то, что строился он почти 20 лет, заложенные в нем проектные характеристики не устарели. На заводских и ходовых испытаниях были подтверждены его технические возможности. По своим качествам ПЛ пр. 885, получившая наименование «Северодвинск», стала самой современной многоцелевой подводной лодкой в мире.

В период строительства АПЛ «Северодвинск» технический проект был откорректирован. Последующие корабли строятся уже по модернизированному пр. 885М (генеральный конструктор А.М. Антонов).



А.М. Антонов на выводе из цеха АПЛ «Казань»

Сегодня на АО «ПО «Севмаш» ведется строительство серии АПЛ пр. 885М: «Казань» (заложена 24.07.2009), «Новосибирск» (заложена 26.07.2013), «Красноярск» (заложена 27.07.2014), «Архангельск» (заложена 19.03.2015), «Пермь» (заложена 29.07.2016), «Ульяновск» (заложена 28.07.2017).



На закладке АПЛ «Новосибирск» (слева направо): А.В. Шоколо, А.М. Антонов, В.Ю. Дорофеев, В.Н. Пялов, Я.Д. Березной

Нет сомнений, что многоцелевые атомные подводные крейсера войдут в строй и успешно продолжают в ходе эксплуатации высокие традиции ранее созданных по проектам СПМБМ «Мала-



Закладка АПЛ «Красноярск»



Сверхмалая ПЛ пр. 865

хит» подводные лодки 1-го–3-го поколений.

Одновременно с традиционными многоцелевыми АПЛ в бюро создавались неатомные подводные лодки специального назначения.

В 1988 г. была сдана военно-морскому флоту сверхмалая ПЛ пр. 865 «Пиранья», предназначенная для использования на мелководье с целью разведки и противодействия противнику.

Вторая ПЛ была сдана военно-морскому флоту в 1990 г. Главным конструктором был назначен Л.В. Чернопятков, а с 1984 г. Ю.К. Минеев. Обе лодки построены на АО «Адмиралтейские верфи». Особенности проекта являются титановые корпуса, забортный комплекс для хранения, доставки и использования водолазного снаряжения, а также минного и торпедного оружия, малогабаритное оборудование, как радиоэлектронное, так и механическое, высокая степень автоматизации.

К сожалению, эти ПЛ не прослужили и 10 лет, и к началу 2000-х гг. были выведены из строя и утилизированы.

Успешно проводились работы по созданию глубоководных аппаратов и уникальных глубоководных технических средств. К концу 80-х гг. был разработан проект обитаемого подводного аппарата «Русь», предназначенного для выполнения работ и исследований на различных глубинах Мирового океана, вплоть до 6000 м.

Прочный корпус аппарата представляет сферу диаметром 2,1 м из высокопрочных титановых сплавов.

Кроме экипажа из двух-трех человек внутри сферы располагались средства жизнеобеспечения и органы управления аппаратом и его техническими средствами. Остальное оборудование выполнялось в погружном исполнении и вынесено за пределы прочного корпуса.

Принятие технического решения с учетом перспективной радиоэлектро-

ники, минимизации энергии на управление с использованием пенополистирола позволили ограничить водоизмещение аппарата 25 т.

Параллельно с аппаратом «Русь» был построен аппарат «Консул» для морских геологов. Его прочный корпус с иллюминаторами и легкими конструкциями прошел гидравлические испытания в док-камере ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова на давление 720 кг/см².

Постройка аппарата «Русь» на АО «Адмиралтейские верфи» была завершена в 1999 г. Тогда же проведены швартовные испытания и аппарат был предъявлен для проведения заводских ходовых и государственных испытаний на Балтийском море. Однако события 90-х гг. прошлого века в России на долгие годы отодвинули сдачу аппаратов в эксплуатацию. Глубоководные испытания в Атлантике аппарата «Русь» проведены в 2006 г. Приемный акт утвержден в 2007 г. Аппарат «Консул» был сдан в 2015 г.

С 1970 г. бюро является головной организацией по проектированию глубоководных обитаемых технических средств для освоения Мирового океана.

По проектной документации «Малыхита» построены:

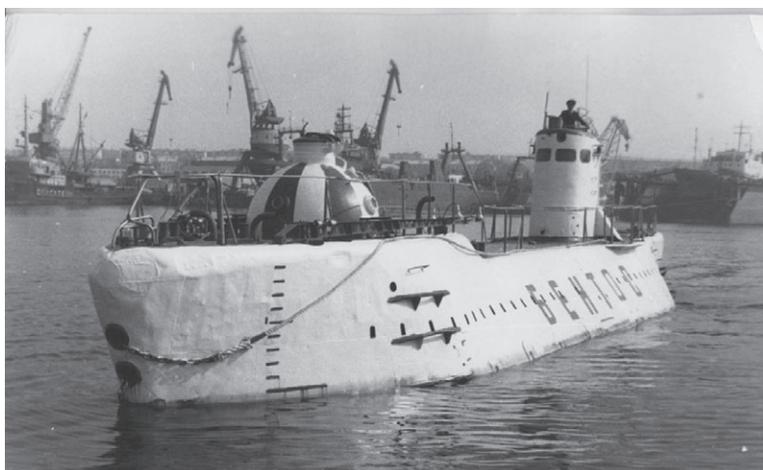
- подводная лаборатория «Бентос» с глубиной погружения 300 м (главный конструктор И.Б. Михайлов);
- поисково-исследовательские глубоководные аппараты «Север-2» с глубиной погружения 2000 м (главный конструктор Ю.К. Сапожков);
- глубоководный аппарат (батискаф) «Поиск-6» с глубиной погруже-



Автономный глубоководный аппарат «Русь» пр. 16810



Автономный глубоководный аппарат «Консул» пр. 16811



Подводная лаборатория пр. 1603 «Вентос»

ния 6000 м (главный конструктор Ю.К. Сапожков);

- сверхмалые подлодки типа «Тритон» (главный конструктор Я.Е. Евграфов).

В начале 90-х гг. резкое сокращение государственного финансирования привело бюро к интенсивным творческим поискам и выполнению разработок по гражданской тематике. Вот некоторые из них:

- В 1991 г. бюро разработало проект автоматизированных линий оборудования, охватывающего весь технологический цикл производства расфасованного желатина, клея и костной муки. Главный конструктор Д.Л. Игнатъев. На Балтийском и Выборгском заводах эти линии были изготовлены, а смонтированы на Усолье-Сибирском клеевом заводе и на Могилевском желатиновом заводе в Белоруссии, где успешно работают до настоящего времени.
- В 1994 г. в бюро были развернуты работы по освоению газоконденсатных и нефтяных месторождений на Арктическом шельфе России.

С 2010 г. бюро работает над созданием воздухонезависимой энергетической установки (ВНЭУ), и к 2018 г. достигнуты следующие результаты:

- разработана и запатентована схема ВНЭУ с газотурбинным двигателем замкнутого цикла (ЗЦ);
- совместно с АО «НПО «Сатурн» проведены проработки перспективного ГТД для работы в замкнутом цикле;
- совместно с АО «НПО «Гелиймаш» проведены проработки системы утилизации способом сжижения CO₂ и системы попеременного криогенного хранения сред;
- проработаны вопросы применения альтернативных видов горючего;

- проработаны вопросы создания основного оборудования установки и необходимая кооперация;
- выполнены проектные проработки для перспективных, а также модернизация некоторых существующих заказов;
- спроектирован и построен специализированный стенд для экспериментальных исследований перспективного энергетического оборудования;
- разработан, изготовлен и успешно испытан действующий макетный образец ВНЭУ с ГТД ЗЦ.

В результате работ был подтвержден тезис о возможности создания ГТД по замкнутому циклу, т.е. в условиях повышенного суммарного противодавления за турбиной и разрежения перед компрессором, а также при ухудшенных условиях самоохлаждения.

Следует подчеркнуть особо, что испытаниям в условиях замкнутого цикла подвергалась неспециализированная турбина, не рассчитанная на такие условия эксплуатации. В ее ключевых узлах – турбокомпрессоре, рабочем колесе, топливоподающей аппаратуре и собственном блоке автоматики – не было сделано никаких изменений по сравнению с базовой конфигурацией, но она все равно успешно функционировала.

Отсюда следует важный вывод о том, что специально спроектированный с учетом этих условий работы двигатель будет существенно эффективнее, чем «обычный» прототип.

Одним из ключевых достижений является практическое доказательство возможности создания *единого двигателя надводного и подводного хода*, что стало качественным прорывом в развитии ВНЭУ и позволяет создавать корабли по сути нового класса – с главной единой ВНЭУ и повышенными показателями подводной автономности.

В результате выполнения работ достигнут значительный научный и практический задел по созданию системы ВНЭУ с ГТД ЗЦ, а также определена возможная кооперация отечественных предприятий, способных выполнить ОКР по созданию опытного образца установки с малым уровнем технического риска.

В СПМБМ «Малахит» сформировалась отечественная школа проектирования многоцелевых АПЛ и применения современного оружия на них. Также созданы уникальные обитаемые глубоководные аппараты для освоения Мирового океана, включая Арктику.

Эта школа характеризуется принятием самых передовых, новаторских решений на базе современных научных разработок, четких представлений о потребностях обороноспособности страны и государственных интересах в области освоения Мирового океана с учетом реальных возможностей и перспектив отечественной промышленности.

Она отличается также высоким уровнем промышленного дизайна, когда рациональность и системность технических решений выражается в красивом внешнем облике всех кораблей и объектов, построенных по проектам бюро.



Владимир Юрьевич Дорофеев

В Санкт-Петербургском Морском бюро машиностроения «Малахит» постоянно выполняются поисковые исследовательские и опытно-конструкторские разработки по всем направлениям работ бюро, в том числе по созданию проектов многоцелевых АПЛ и обитаемых глубоководных аппаратов 5-го поколения.

На всем протяжении своего 70-летнего существования бюро «Малахит», ныне возглавляемое кандидатом технических наук В.Ю. Дорофеевым, вносит достойный вклад в развитие оборонно-промышленного комплекса страны и в обеспечение национальной безопасности России. ■

Аля Центрального морского конструкторского бюро «Алмаз» 2017 г. был насыщен знаменательными событиями. Следуя принципу экономии, перечислим самые основные.

25 января состоялась закладка второго серийного тральщика «Иван Антонов» пр. 12700 «Александрит» для Военно-Морского Флота России. Кораблю было присвоено имя Героя Советского Союза, кавалера ордена Ленина, моряка-балтийца Ивана Петровича Антонова. Во время Великой Отечественной войны в период с 28 декабря 1941 г. по 10 ноября 1942 г. снайперским огнем он уничтожил более 300 гитлеровцев, внося посильную лепту в Великую Победу 1945 г.

20 апреля состоялась закладка третьего серийного тральщика «Владимир Емельянов» пр. 12700 для ВМФ России. Корабль был назван в честь выдающегося кораблестроителя, Героя Социалистического Труда Владимира Александровича Емельянова.

Главной особенностью противоминных кораблей нового поколения является их монолитный стеклопластиковый

АО «ЦМКБ «АЛМАЗ»: КРАТКИЕ ИТОГИ 2017 ГОДА

*Д.Е. Цыганков, вед. инженер АО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 1211*



Рейдовый тральщик «Алатау» пр. 10750Э



Морской тральщик пр. 12700

корпус, изготовленный методом вакуумной инфузии. Благодаря этому существенно снижаются параметры электромагнитного поля тральщика, что делает его менее уязвимым для морских мин с соответствующим типом взрывателя.

30 марта состоялась официальная церемония передачи рейдового тральщика «Алатау» пр. 10750Э военно-морскому флоту Республики Казахстан.

2 апреля в г. Актау в торжественной обстановке на корабле был поднят флаг.

19 апреля состоялась торжественная закладка головного патрульного корабля ледового класса «Иван Папанин» пр. 23550 «Арктика». Главнокомандующий ВМФ России адмирал В.И. Королёв во время церемонии заявил, что в ближайшее время будет заложен вто-

рой корабль этого проекта, который будет назван в честь полярника Николая Зубова.



Закладная доска патрульного корабля ледового класса «Иван Папанин»

28 апреля была проведена торжественная церемония закладки киля вто-



Выход из эллинга корвета «Гремящий»

рого серийного пограничного сторожевого корабля первого ранга пр. 22100 «Океан» для Береговой охраны ФСБ России.



Закладная доска ПСКР пр. 22100

30 июня состоялся торжественный спуск на воду головного корвета «Гремящий», построенного для ВМФ России по пр. 20385.

Торжественная церемония спуска на воду головного малого ракетного корабля (МРК) «Ураган» состоялась 29 июля, а 24 ноября – первого серийного МРК «Тайфун», построенных для ВМФ России по пр. 22800 «Каракурт».

10 октября в городе Хошимин (Республика Вьетнам) произошла торжественная церемония принятия на вооружение пятого и шестого ракетных катеров пр. 12418.

6 декабря было спущено на воду опытовое судно «Ильмень» пр. 11982. Это уже третье судно данного проекта, которое строится в интересах Главного управления глубоководных исследований (ГУГИ) МО РФ. Вице-адмирал А.В. Буриличев, начальник ГУГИ МО РФ, в своем выступлении отметил, что



Головной МРК «Тайфун» перед спуском на воду



Прием в состав ВМС Вьетнама РКА пр. 12418

судно «обладает самым современным оборудованием для проведения научно-исследовательских и океанографических работ».

Кроме того, АО «ЦМКБ «Алмаз» продолжает работу над другими проектами, но о них мы расскажем в наших последующих публикациях. ■



Опытовое судно «Ильмень» после спуска на воду

30 ноября 2017 г. на АО «Адмиралтейские верфи» в Санкт-Петербурге состоялось торжественное мероприятие – поднятие флага Военно-Морского Флота РФ на ледоколе «Илья Муромец», символизирующее завершение строительства и проведения испытаний судна. Новый, уникальный по своим характеристикам и спектру выполняемых задач дизель-электрический ледокол вошел в состав Вооруженных сил России и начал нести службу на Северном флоте.

Ледокол способен обеспечивать базирование и развертывание сил флота в ледовых условиях, самостоятельную проводку кораблей и судов, буксировку судов и других плавучих сооружений в ледовых условиях и на чистой воде, а также тушить пожары на аварийных объектах, выполнять гидрографические работы, океанографические и гидрометеорологические исследования в Арктике, бороться с разливами, принимать вертолеты типа Ка-27, Ка-32, перевозить контейнеры на открытой части верхней палубы, включая рефрижераторы с соответствующим энергообеспечением и другие палубные грузы.

Разработка технического проекта и основной части рабочей конструкторской документации была поручена АО «КБ «Вымпел». В процессе испытаний были подтверждены все проектные характеристики ледокола, а также работоспособность механизмов и устройств.

Ледокол проектировался и строился на класс KM Icebreaker 6 AUT1-ICS FF3WSEPP HELIDECK Special purpose ship Российского морского регистра судоходства. Эксплуатация ледокола предусматривается под флагом ВМФ РФ и при необходимости – под флагом Российской Федерации. Район плавания – неограниченный в соответствии с классом регистра.

По архитектурно-конструктивно-му типу ледокол представляет собой однопалубное многофункциональное судно с ледокольным форштевнем, с дизель-электрической силовой установкой, работающей на две винторулевые колонки, со средним расположением машинно-котельного отделения, с удлиненным баком и квартердеком, со средней от борта до борта смещенной в нос надстройкой, с ходовой рубкой кругового обзора, вертолетной посадочной площадкой в носовой части, с открытой грузовой палубой в корме и грузовым трюмом под ней, с носовым подруливающим устройством.

На начальном этапе проектирования КБ «Вымпел» совместно с «Адми-

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЛЕДОКОЛА «ИЛЬЯ МУРОМЕЦ» ПР. 21180 ДЛЯ ВМФ РОССИИ

М.В. Бахров, гл. конструктор проектов АО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 412 4427

ралтейскими верфями» предложило генеральному заказчику уточнение отдельных пунктов технических требований на поставку ледокола пр. 21180, которые легли в основу разработки технического проекта.

В итоге были определены следующие основные характеристики ледокола:

Длина наибольшая, м.	85,0
Длина по КВЛ, м.	78,8
Ширина наибольшая, м.	20,0
Ширина по КВЛ, м.	19,2
Высота борта, м.	9,2
Осадка по КВЛ, м.	6,6
Мощность ГДГ, кВт	4×3000
Скорость полного хода, узл.	15,0
Автономность:	
по запасам топлива, сут.	30
по запасам провизии, сут.	60
Экипаж, чел.	35
Количество спальных мест	84

Для оптимизации обводов корпуса и формы носовой оконечности были проведены модельные исследования на чистой воде и на волнении в опытовом бассейне КБ «Вымпел». При определении обводов кормовой оконечности учитывалась необходимость защиты винтов от ледовых повреждений при движении судна передним и задним ходом, а также при навалах на кромки ледового поля и отдельные льдины при маневрировании.

Ледопродоимость судна была детально исследована в ледовом бассейне ФГБУ «ААНИИ». По резуль-

татам проведенных испытаний были сделаны выводы, что проектируемый ледокол способен двигаться скоростью 2 уз на переднем ходу в ровном сплошном однолетнем льду толщиной 1,0 м, прочностью на изгиб 500 кПа при расчетной осадке. Кроме того, эти исследования не выявили случаев критического воздействия льда на винторулевую комплекс судна при всех заданных режимах движения.

Результаты модельных испытаний выявили целесообразность установки на ледоколе двух инновационных двухвинтовых винторулевых колонок мощностью 3500 кВт каждая, которые позволили сократить мощность каждой колонки на 500 кВт по сравнению с традиционными винторулевыми колонками тянущего типа, и, как следствие, сократить запасы топлива и масла.

Корпус, надстройка и рубка изготовлены из листового и профилированного проката из стали нормальной, повышенной и высокой прочности по ГОСТ Р 52927–2008 и применены стали марок РСВ с пределом текучести 235 МПа, РСД32 с пределом текучести 390 МПа.

В составе судовых устройств на ледоколе применены:

- две якорно-швартовные электрические лебедки для цепи калибром 56 мм;
- два швартовных шпиля;



Боковой вид ледокола пр. 21180



Ледокол «Илья Муромец» на испытаниях в Финском заливе

- две барабанные буксирные лебедки канатомкостью 1000 м и номинальным тяговым усилием 1000 кН;
- два якоря повышенной держашей силы типа АС-14 массой 3037,5 кг каждый и один запасной якорь той же массы;
- четыре спасательных плота спускаемого типа вместимостью 25 человек каждый;
- одна скоростная дежурная шлюпка вместимостью 6 человек и один служебно-разъездной катер БЛ-820;
- две спасательные шлюпки вместимостью 41 человек каждая;
- один грузовой кран грузоподъемностью 26 т на главной лебедке и 5 т на вспомогательной лебедке при максимальном вылете 21 м;
- один грузовой электрогидравлический кран с телескопической стрелой с максимальным вылетом 21 м, грузоподъемностью 2 т;
- один катер-бонопостановщик БЛ-690;

– оборудование для локализации и ликвидации аварийных разливов нефти в контейнерном варианте.

Главная энергетическая установка на ледоколе состоит из четырех главных дизель-генераторов на базе дизеля 6L32 мощностью 3000 кВт поставки АО «Вяртсиля». Вспомогательная энергетическая установка состоит из двух стояночных дизель-генераторов на базе дизеля ДГС500 мощностью 508 кВт и аварийного дизель-генератора мощностью 300 кВт. Для снабжения паром установлены два вспомогательных паровых вертикальных котла паропроизводительностью 3000 кг/ч, работающие на топливе единой марки с ГДГ, СДГ и АДГ. Для пополнения запасов пресной воды на ледоколе применена опреснительная установка испарительного типа производительностью 25 м³/ч.

На ледоколе функционируют следующие общесудовые системы:

- балластная;
- осушительная и водоотливных средств;

- сбора и очистки трюмных нефте-содержащих вод;
- креновая;
- бытовой пресной воды;
- сточных и хозяйственно-бытовых вод;
- охлаждения кондиционеров и воздухоохладителей;
- микроклимата;
- теплоснабжения;
- пожаротушения.

Для тушения пожаров на судах и аварийных объектах предусмотрена специальная система пожаротушения, состоящая из двух лафетных стволов, расположенных на крыше ходовой рубки и двух специальных пожарных насосов, поставляемых комплектно с ГДГ. Примененное оборудование соответствует классу FF3WS.

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

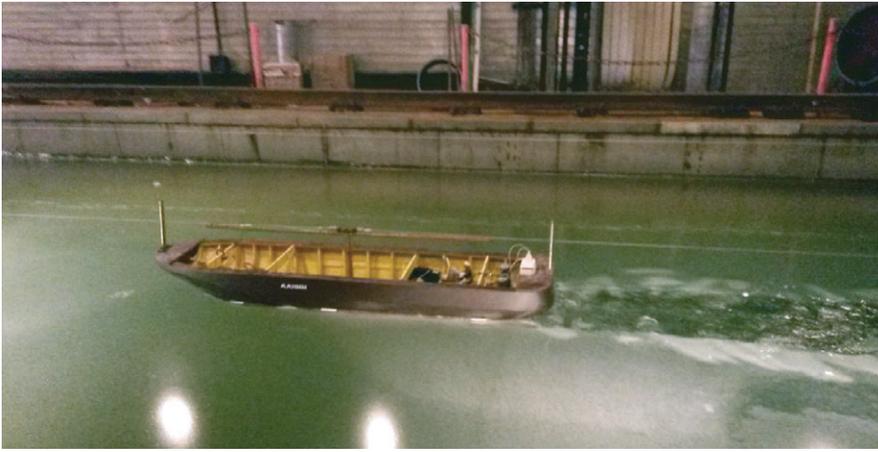
- 690 В трехфазного переменного;
- 380 В трехфазного переменного;
- 220 В трехфазного и однофазного переменного;
- 24 В однофазного переменного;
- 24 В постоянного.

В состав гребной электрической установки входят два гребных асинхронных электродвигателя мощностью по 3500 кВт каждый.

Набор средств автоматизации, дистанционного управления и контроля обеспечивается управлением и контролем за состоянием технических средств, применительно к судам со знаком автоматизации AUT1ICS.



Модельные исследования в опытовом бассейне КБ «Вымпел»



Ледовые исследования в бассейне ФГБУ «АНИИ»

Для обеспечения автоматизации процессов управления техническими средствами и контроля за их состоянием, применены:

- система управления СУ СЭС;
- комплексная система управления и контроля техническими средствами;
- систем управления и контроля гребной электрической установкой;
- система управления ВРК.

Комплексная система управления техническими средствами обеспечивает управление обслуживаю-

щим механизмом энергетической установки.

С учетом необходимости выполнения специфических задач по освоению Арктики на ледоколе было установлено оборудование для выполнения гидрографических работ, океанографических и гидрометеорологических исследований в составе:

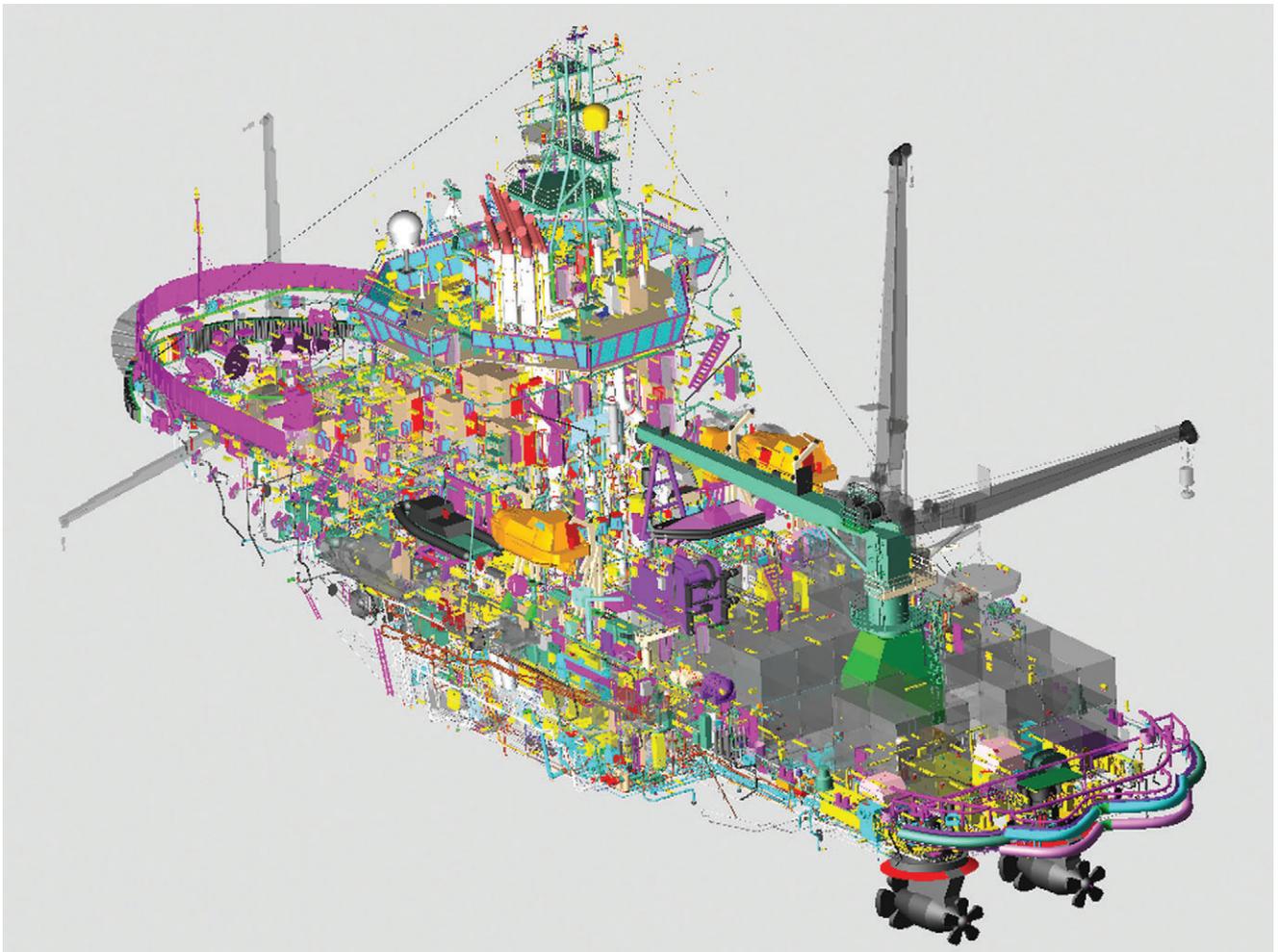
- многолучевого эхолота Sea Bat 7111;
- однолучевого эхолота EA 400;
- метеорологического оборудования на базе метеостанции AWS 430;

- оборудования для проведения гидрологических научно-исследовательских работ.

Следует отметить, что при разработке проекта была также разработана трехмерная модель ледокола, которая позволила минимизировать ошибки при проектировании и обеспечить эффективное управление процессом разработки и строительства судна.

«Илья Муромец» – военный ледокол, в максимально возможной степени оснащенный отечественным серийным оборудованием, что соответствует программе импортозамещения и обеспечивает независимость строительства и эксплуатации ледокола от санкционной политики западных стран.

Ледокол «Илья Муромец», без сомнения, является уникальным научно-техническим сооружением, способным выполнить не только основные задачи, но и значительный объем дополнительных, повысить обороноспособность страны и открыть дорогу новому поколению современных высокотехнологичных многофункциональных судов обеспечения ВМФ РФ. ■



3D-модель ледокола пр. 21180

В настоящее время большинство находящихся в составе ВМФ России десантных кораблей подошло к своему критическому возрасту, устарев физически и морально. Это предоставляет прекрасный шанс, не расходуя сил и средств на поддержание тех боевых единиц, которые уже не способны в полной мере решать свои задачи, практически с чистого листа создать современную десантную составляющую ВМФ. При этом следует приложить определенные усилия на проектирование и создание кораблей нового поколения, которые должны кардинально отличаться от тех, которые мы привыкли видеть в составе Российского флота.

Работы в данном направлении уже ведутся. Так, на Международном военно-морском салоне 2017 г. в Санкт-Петербурге было заявлено, что строительство перспективных вертолетоносцев «Прибой» заложено в новую государственную программу вооружения на 2018–2025 гг. Нет никаких сомнений в том, что предприятия, входящие в состав ОСК, в установленные сроки выполнят поставленную задачу.

Далее рассмотрим кратко иностранные десантные авианосцы и возможности их применения в составе обновленного отечественного флота.

Морские десантные силы – неотъемлемая часть сильного, сбалансированного ВМФ, способного выполнять задачи по обеспечению интересов любого государства, претендующего если не на мировое господство, то, по крайней мере, на доминирование в том или ином районе Мирового океана.

Разнообразие десантных кораблей – от тихоходных плашкоутов и катеров на воздушной подушке до громадных УДК и десантных вертолетоносцев, вариативность их применения, многообразие решаемых задач, наконец, немаловажный фактор – гибко оптимизируемая стоимость, являющаяся производной от конечных целей и возможностей заказчика, позволяет в той или иной мере всем заинтересованным странам иметь свой десантный флот.

В последнее время даже не самые амбициозные и «агрессивные» флоты мира обзаводятся довольно серьезными десантными кораблями. Сегодня для многих стран их присутствие (а еще лучше – десантных вертолетоносцев) в составе ВМС становится вопросом престижа. Так, в свое время мерилom мощи и технологической состоятельности государства было наличие в составе военного флота линкора, а потом авианосца. Авианосец сегодня для большинства стран остается непозволительной роскошью, слишком дорогой «игрушкой», а вот более дешевый, но в то же время весьма представительный, универсаль-

СОВРЕМЕННЫЕ ДЕСАНТНЫЕ АВИАНОСУЩИЕ КОРАБЛИ ИНОСТРАННЫХ ВМС

Д.В. Курочкин, канд. техн. наук, начальник отдела АО «Северное ПКБ», контакт. тел. +7 (921) 944 2031

ный, пригодный и для миротворческой миссии и для «демонстрации флага» десантный корабль вполне по силам многим. Причем предпочтительнее для этой роли, да и по ряду других причин, универсальные десантные корабли (УДК) с расширенными авиационными возможностями.

Ограниченный объем статьи не предполагает описания всех относительно современных десантных кораблей. В противном случае пришлось бы потратить немало времени на изучение даже таких экзотических образцов, как ДК «Shakti Sanchar» ВМС Бангладеш (2012 г.) водоизмещением 2200 т. Оставим в стороне и гигантские УДК ВМС США водоизмещением свыше 40 000 т и ограничимся рассмотрением уже прочно занявшего в последние годы свое место весьма интересного класса – УДК среднего водоизмещения, которые имеют авианосную компоновку – сплошную полетную палубу и островную надстройку, смещенную к правому борту.

Без преувеличения можно сказать, что сегодня одними из мировых «законодателей моды» в части строительства неординарных десантных авианосцев являются итальянцы.

В 2009 г. в состав итальянского флота вошел авианосец «Savour». Де-факто он представляет собой легкий авианосец (полное водоизмещение – 27 500 т), пригодный для транспортировки большого количества тяжелой техники, личного состава подразделений морской пехоты, а также способный выполнять функции корабля управления разнородными силами.

Разработка концепции будущего флагмана итальянского флота началась еще в 1991 г. К середине 90-х гг. последовательно появились варианты, в соответствии с которыми корабль получил определенные десантно-штурмовые возможности – ангарная палуба оборудовалась аппарелью по правому борту для погрузки самоходной техники, кубрики, рассчитанные на размещение 150–180 морских пехотинцев. Новые корабли не вписывались в существующую классификацию, поэтому под них отделили отдельный класс – *Unita Maggiore Per Operazione Anfibe (UMPA)*, т. е. большой амфибийный корабль.

Бюджетом 1996 г. выделялись средства на разработку нового проекта, классифицированного как *Nuova Unita*

Maggiore (NUM) – новый большой корабль. Он очень походил на уменьшенный вариант американского УДК «Wasp» – на нем появилась док-камера размером 25×14 м, позволяющая разместить один катер на воздушной подушке типа LCAC либо плашкоуты, два LCM-8 или четыре LCM-6.

Дальнейшая эволюция проекта привела к увеличению водоизмещения на 2000 т и возрастанию проектной скорости до 28 уз. Но к моменту подписания контракта на постройку корабля в ноябре 2000 г. проект подвергся очередной корректировке. В этом варианте были существенно урезаны десантные возможности – ликвидирована док-камера и уменьшены объемы, отводимые для помещений десанта.

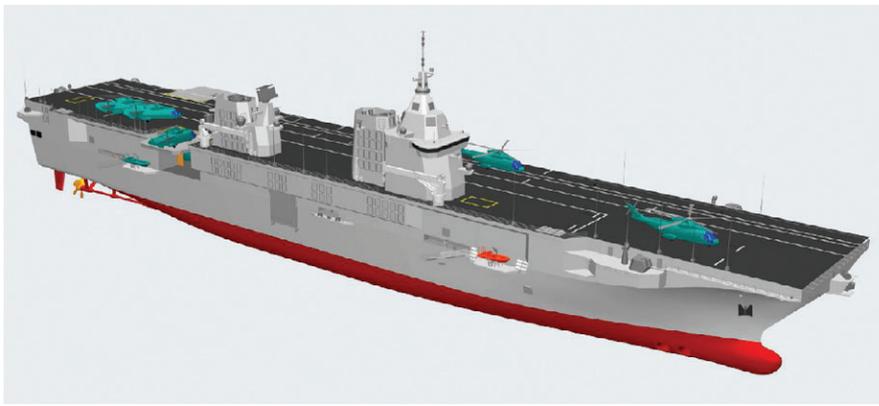
Это отобразилось и в классификации – в итальянском флоте NUM стал первым кораблем (за исключением недостроенного «Aquila»), официально классифицируемым как *Portaerei*, т. е. попросту авианосец.

Таким образом, «Savour» представляет собой не УДК, а всего лишь войсковой транспорт с возможностью высадки техники и личного состава на оборудованное побережье.

На нем, правда, размещены четыре довольно крупных катера – не Бог весть что, штурмовать берег такими силами не станешь, но на пляжи какой-либо пиратоопасной точки Мирового океана морпехов они доставить могут. Будут незаменимы катера и при выполнении кораблем гуманитарных миссий, возможности выполнения коих ныне приписываются любому десантному кораблю.

12 июля 2017 г. Италия заложила очередной десантный корабль, на этот раз полноценный УДК, и вновь с «авианосным уклоном». Предполагаемое его название – «Trieste». Сдача его итальянскому флоту запланирована на 2022 г. Корабль представляет определенный интерес, поэтому имеет смысл рассмотреть его подробнее.

Постройка для ВМС Италии УДК была предусмотрена в принятом итальянским парламентом еще в конце 2014 г. Законом о флоте. Фактически командованию ВМС Италии после утверждения закона удалось сделать то, что пока не очень получается в родном отечестве – лоббировать значительное увеличение размеров и стоимости планируемых к



Проектное изображение LHD «Trieste»

строительству по данному акту боевых кораблей. В результате, «Trieste» к моменту выдачи на него контракта «вырос» с заявленных флотом при обсуждении закона годом ранее 20 000 т полного водоизмещения и длины 180–190 м до более 32 000 т полного водоизмещения и длины 245 м, превратившись в полноценный авианесущий корабль (именуемый, тем не менее «многоцелевым УДК») с планируемым базированием истребителей F-35B. Весьма примечательно, что в авторитетнейшем справочнике «Jane's fighting ships» на 2016–2017 гг. корабль анонсирован именно в первоначальном «коротком» варианте.

ГЭУ корабля комбинированная, построенная по схеме CODOG. В ее состав входит две форсажные газовые турбины, два дизельных двигателя и два электромотора малого хода. Суммарная мощность ГЭУ – 127 000 л.с., почти как у авианосца «Cavour» (118 000 л.с.)

Для выработки электроэнергии используются четыре дизель-генератора мощностью по 5200 кВт (суммарно около 28 300 л.с.)

Скорость полного хода – 25 уз, экономического – 16 уз, малого (под электромоторами) – 10 уз. Дальность плавания экономическим ходом – 7000 миль, автономность – 30 суток.

Указываемая в открытых источниках десантовместимость корабля – 604 человека. В перегруз возможно размещение на борту более 700 десантников либо эвакуируемых (при выполнении гуманитарных миссий). УДК оснащен танковым трюмом площадью более 1200 м², способным принимать технику массой до 60 т и доковой камерой размерами 50 на 15 м, вмещающей четыре танко-десантных катера типа LCU или один десантный катер на воздушной подушке американского типа LCAC.

Корабль обеспечивает постоянное базирование 12 крупных вертолетов типа AW101 или NH90 или в качестве альтернативы шести самолетов F-35B и четырех вертолетов. На полетной палубе расположены девять позиций для вертолетов.

В отличие от УДК других стран мира итальянский корабль должен получить весьма мощное вооружение, которое будет включать себя 16 вертикальных пусковых установок Sylver A50 для ЗУР Aster 15 или SAMM, три 76-мм универсальных артиллерийских комплекса Leonardo Super Rapid Strales, а также три 25-мм и шесть 12,7-мм дистанционно управляемых установок производства Leonardo. Весьма серьезными будут также радиоэлектронное оборудование и средства РЭБ.

Итальянцы успешно строят и десантно-вертолетные корабли-доки. Одним из таких кораблей является вступивший в строй в 2014 г. алжирский десантно-вертолетный корабль-док (ДВКД) «Kalaat Beni-Abbes» (бортовой номер «474»). Он был построен итальянским концерном Fincantieri и стал самой крупной единицей флота Алжирской Республики за всю его историю – полное водоизмещение корабля – 8800 т. Прототипом для него послужил итальянский «San Guisto», введенный в состав ВМС Италии в 1994 г. и являющийся третьим кораблем (построен по несколько измененному проекту) типа «San Giorgio». Существенный недостаток проекта – отсутствие ангара для вертолетов, а также уменьшенная по размерам доковая камера.

В числе приверженцев школы «десантных авианосцев» стоит также Испания. В ее активе «Juan Carlos I» (вошел в состав флота в 2010 г., на год позже чем «Cavour») и построенные по тому же проекту «Canberra» и «Adelaida» (2014 и 2015 гг. соответственно) ВМС Австралии. Еще один «испанец» строится для ВМС Турции, причем на турецкой верфи Sedef Shipbuilding, Inc. Корабль, который будет носить имя «Anadolu», был заложен 30 апреля 2016 г., его сдача запланирована на 2021 г.

Прежде всего «Juan Carlos I» интересен тем, что испанские инженеры при том же водоизмещении, что рассмотренный выше «Cavour», смогли разместить на корабле док-камеру на четыре высадочных плашкоута. Правда, их задача

отчасти была облегчена за счет отказа от традиционных ГЭУ и движительно-рулевого комплекса и перехода к полному электродвижению и азимутально-поворотным колонкам. Такое решение, как известно, допускает более свободную компоновку помещений корабля и расположения генераторов тока. Применение винторулевых колонок увеличивает маневренные характеристики, позволяя кораблю разворачиваться практически на месте. В то же время прочность узлов крепления ВРК к корпусным конструкциям не беспредельна, а поэтому и мощность гребных электродвигателей ограничена. Как следствие – ограничение полной скорости хода. Таким образом, испанцам фактически удалось раньше своих итальянских коллег воплотить в жизнь теорию десантно-авианосного корабля-дока *среднего* водоизмещения.

А как обстоят дела с универсальными десантными кораблями в российском ВМФ? В недалеком прошлом ВМФ Советского Союза имел один из самых достойных десантных флотов в мире. Помогали нам его строить и наши друзья по СЭВ, создавались корабли и на собственных верфях. В состав флота входили такие уникальные корабли, как БДК типа «Иван Рогов» (пр. 1174), которые до недавнего времени были наиболее совершенными большими десантными кораблями российского ВМФ. БДК океанской зоны пр. 1174 предназначался для транспортировки и высадки как на оборудованное, так и необорудованное побережье с малым уклоном дна сил десанта с боевой техникой. Высадка десанта осуществлялась как непосредственно на берег, так и без подхода к нему: плавающую технику – своим ходом, неплавающую – с помощью десантно-высадочных плавсредств, личный состав десанта с носимым оружием – на четырех транспортно-боевых вертолетах Ка-29 способных оказывать огневую поддержку десанту.

Для выгрузки неплавающей техники без подхода к берегу в доковую камеру принималось шесть десантных катеров пр. 1785 либо пр. 1176 «Акула» или три десантных катера на воздушной подушке пр. 1206 «Кальмар». Каждый из перечисленных десантных катеров мог транспортировать один танк или другую подвижную технику в зависимости от вместимости.

Полное водоизмещение корабля – 14 000 т. Корабль мог транспортировать до 440 десантников и 79 единиц техники (бронетранспортеры, боевые машины пехоты, танки, автомобили и др.) или танковое подразделение с 46 основными боевыми танками. В носовой части корабля располагался танковый трюм, а в кормовой – доковая камера.

Вооружение корабля включало зенитный ракетный комплекс самооб-

Характеристики иностранных десантных кораблей

Название, страна	Год ввода в строй годового	Кол-во в строю, ед.	Полное водоизмещение, т	Главные размеры LxBxT, м	ГЭУ – тип, мощность, л.с., скорость, уз	Дальность плавания, мили	Авиагруппа	Десантовместимость и десантные возможности	Вооружение
(LHD) «Kalaat-Beni-Abes», Алжир Строитель – Fincantieri, Италия. За основу проекта взят итальянский «San Giusto» (1994 г.)	2014	1	8800	142,9x21,5x4,9	Дизельная, 16100, 20,0	7000	Ангар отсутствует. Три тяжелых или пять легких вертолетов.	430 чел., 15 единиц бронетехники 3 танкодесантных катера типа LCM в док-камере, 3 малых десантных катера типа LCVP, 1 катер типа LCPL	PK – MBDA SAAM ESD с ВПУ Sylver A50 на восемь ячеек для ракет Aster 15 1x76-мм АУ Oto Melara Super Rapid 2x25-мм АУ
(LHD) «Canberra», Австралия (Строитель – Navantia, Испания, по образцу «Juan Carlos I», Испания)	2014	2	26800	231,4x32,0x7,1	Дизель-газо-электрическая, 2 ВРК, 29500, 19,0	9000	Палуба с трамплином. Ангар для вертолетов. До 11 вертолетов типа NH-90s	1000 чел., до 150 единиц бронетехники. 4 танкодесантных катера типа LCM-E1 или 1 десантный СВП	4x25-мм АУ 6x12,7-мм пул.
(LHDM/ВРС) «Mistral», Франция	2006	3	21945	199,0x32,0x6,2	Дизель-электрическая, 2 ВРК, 19040, 19,0	11000	До 16 вертолетов	450 (до 900) чел. до 70 боевых машин, в том числе 13 основных танков типа AMX-56 Леклерк 4 танкодесантных катера типа СТМ (LCU) либо 2 десантных СВП LCAC или 2 десантных катамарана EDA-R в док-камере.	2x2 ПУ ЗПК Simbad 4x12,7-мм пул.
(LPD) «San Giorgio», Италия	1987	2	8088	133,3x20,5x5,3	Дизельная, 16800, 21,0	7500	Ангар отсутствует. 3ЕН 101 Merlin или 5 АВ 212	400 чел., до 36 БТР или 30 средних танков. Вместо вертолетов может принимать технику на ВП. 2 танкодесантных катера типа LCM в док-камере, 2 малых десантных катера типа LCVP, 1 катер типа LCPL	1x76-мм АУ Oto Melara (только на San Marco) 2x25-мм АУ 2x12,7-мм пул.
(LPD) «San Giusto», Италия. Развитие типа «San Giorgio», Прототип для (LHD) «Kalaat-Beni-Abes», Алжир	1994	1	8128	137x20,5x5,3	Дизельная, 16900, 21,0	7500	Ангар отсутствует. 3ЕН 101 Merlin или 5 АВ 212	400 чел., до 36 БТР или 30 средних танков. Вместо вертолетов может принимать технику на ВП. 2 танкодесантных катера типа LCM в док-камере, 3 малых десантных катера типа LCVP, 1 катер типа LCPL	1x76-мм АУ Oto Melara 2x25-мм АУ 2x12,7-мм пул.
(CV) «Cavour», Италия	2009	1	27535	235,6x39x7,5	COGAG, 118000, 28,0	7000	12 вертолетов ЕН-101, либо 8 СВВП. Способен ориентировать с БПЛА	АВ с возможностями транспортировки техники и личного состава. До 450 чел, 24 ОБТ или 50 БМП.	ВПУ Sylver A50 на 32 ячейки для ракет Aster 15, 2x76-мм АУ Oto Melara
(LHD) «Trieste», Италия	В постройке	1	32000	245x36x7,2	Комбинированная CODOG, 127000, 25,0 уз, 2 электромотора, 2 ДГ, 28300, 10,0	7000	12 вертолетов AW101 или NH90, либо 4 вертолета и 6 СВВП F-35	600 чел., 4 танкодесантных катера типа LCU либо 1 десантный СВП LCAC	ВПУ Sylver A50 на 16 ячеек для ракет Aster 15 или CAMM 3x76-мм АУ 3x25-мм АУ 6x12,7-мм пул.
(LPD/LSTH) «Osumi», Япония	1998	3	14225	178x25,8x6	Дизельная, 26000, 22,0	Нет данных	Ангар отсутствует. До 8 вертолетов. Может принимать тяжелые вертолеты типа CH-47J	300 чел. (до 1000 на короткое время), 10 ОБТ Туре 90 или БТР AAV7, или 1400 т грузов 2 десантных СВП LCAC	2x20-мм АУ Vulcan Phalanx
(LPH) «Dokdo», Южная Корея	2007	1	19305	200x32,0x6,5	CODAD, 41615, 22,0	8700	До 10 вертолетов UH-60, рассматривается возможность базирования СВВП	720 чел., 10 танков, 2 десантных СВП	2x30-мм АУ Goalkeeper 1xПУ RAM-116
(LHD) «Juan Carlos I», Испания	2010	1	27514	230,8x32,0x7	Дизель-газо-электрическая, 2 ВРК, 29500, 21,0	9000	Палуба с трамплином. Ангар для вертолетов. До 12 вертолетов типа NH-90s, 8 типа Chipook или 7 СВВП	1000 чел. до 150 единиц бронетехники. 4 танкодесантных катера типа LCM-E1 или 1 десантный СВП	4x25-мм АУ, 2x12,7-мм пул..

роны «Оса-М» (одна ПУ, 20 ЗУР), двухорудийную 76,2-мм артустановку АК-726 и четыре 30-мм автомата АК-630. Кроме того, для поражения береговых целей БДК оснащен пусковой установкой реактивной системы залпового огня «Град-М».

Форма обводов корпуса корабля обеспечивала достижение высокой (для десантного корабля с носовым высадочным устройством) скорости полного хода (21 уз) при хороших высадочных характеристиках и практически неограниченной мореходности. По этому проекту было построено три корабля.

В 80-х гг. прошлого века в «Невском ПКБ» велась разработка УДК-вертолетоносца пр. 11780. Флотом были заказаны два корабля этого проекта – «Кременчуг» и «Херсон». Помешал их появлению в составе флота распад страны.

При водоизмещении около 25 000 т УДК пр. 11780 должен был нести до 1000 человек подразделений морской пехоты, до 30 вертолетов и от 2 до 4 десантных кораблей на воздушной подушке либо большее количество меньших по размерам десантных катеров.

По своей идеологии он повторял американские УДК типа «Tarawa», но пр. 11780, который успели окрестить «Иваном Таравой», должен был иметь и ряд выгодных отличий от западных кораблей. Прежде всего это касалось более мощного вооружения, включающего ЗРК средней дальности, а в ряде вариантов проекта и артиллерийскую установку АК-130, что теоретически могло повысить его потенциал по поддержке высадки десанта. Высокая скорость хода – до 30 уз, при соответствующем авиационном вооружении позволяла использовать пр. 11780 в качестве противолодочного корабля.

Сегодня ВМФ России располагает на первый взгляд достаточно серьезным количеством БДК – 4 корабля пр. 1171 (полное водоизмещение – 4650 т), строились с 1964 по 1975 г. в Калининграде и 15 кораблей пр. 775 и его модификаций (4500 т) – польской постройки. Но некоторым из них по 30–40 лет, самому молодому – БДК «Корольев» 26 лет. Таким образом, практически все эти единицы в силу своего физического и морального устаревания объективно требуют скорейшей замены.

Самые современные российские большие десантные корабли – пр. 11711. Головной – «Иван Грен» – в скором времени войдет в состав Северного флота, первый серийный – «Петр Моргунов», в стадии постройки.

С самого начала кораблям этого проекта не везло. Головной корабль был заложен на судостроительном заводе «Янтарь» еще в декабре 2004 г. Однако отсутствие своевременного финанси-

рования привело к тому, что вскоре работы по его постройке были фактически заморожены и возобновлены лишь в 2008 г. Спустили корабль на воду в мае 2012 г., но по причине недопоставки документации и контрагентского оборудования сроки готовности заказа не раз переносились. В итоге корабль находился в достройке пять лет...

Первоначально планировалась серия из шести кораблей, но метания в окончательном решении вопроса, какой русскому флоту нужен десантный корабль, приводили то к коллизиям с «Мистралями», которые спроектированы по гражданским нормам и априори не являются полноценными боевыми кораблями, то к серьезным изменениям проекта. Подвергалась в ходе постройки изменением и концепция использования БДК проекта 11711, происходила корректировка проекта в части изменения состава вооружения, радиоэлектронных средств и изменения ТТХ. Затянувшееся строительство привело к тому, что немаловажную роль сыграло и желание сэкономить средства и сократить время постройки корабля.

В результате вместо предусмотренных одной 100-мм АУ А-190М, двух зенитно-артиллерийских комплексов «Палаш» и двух пусковых установок реактивной системы залпового огня А-215 «Град-М» на корабле была установлена одна АУ АК-630М-2 «Дуэт» и две АУ АК-630М. Такой состав вооружения абсолютно нехарактерен для других БДК русского флота и являлся на тот момент откровенным компромиссом между необходимостью и возможностями госзаказа. Ну и наконец, после закладки первого серийного корабля было принято решение о сокращении серии всего до двух единиц.

К достоинствам хоть и неоднозначного, но, несомненно, уникального проекта обычно относят наличие на его борту двух вертолетов типа Ка-29. Вместе с тем следует учитывать тот факт, что оба вертолета расположены друг за другом – конструкция основного ангара, рассчитанного на один вертолет, имеет выдвижную часть в сторону вертолетной площадки. При длительной предполетной подготовке и постполетном обслуживании одновременное применение обоих машин практически невозможно. Это критично, если принять во внимание принятую тактику ударных вертолетов которые, как правило, работают по наземным объектам парами.

Десантные вертолетоносцы в составе Российского ВМФ отсутствуют, хотя неоднократно поднимался вопрос о необходимости их наличия.

Ни в коем случае не пытаясь взять на себя роль адептов нашей военной науки, теоретиков, тактиков и стратегов от

флота, хотелось бы высказать несколько личных общих рассуждений о том, каким в будущем видится перспективный десантный корабль Российского ВМФ. Совершенно очевидно, что флоту нужны и большие десантные корабли, обладающие функциональными возможностями БДК типа «Иван Грен» (ясно, что продолжение серии должно осуществляться с корректировкой рабочего проекта по тем замечаниям, которые возникнут в ходе эксплуатации, а возможно, и боевой службы) и корабли меньшего водоизмещения и десантные СВП и экранопланы, новый виток развития которых рано или поздно произойдет.

Но коли уж сегодня идет речь о воссоздании океанского флота, способного нести бремя одного из важнейших инструментов решения геополитических задач России, необходимо отойти от воссоздания в том или ином виде адаптированных под реалии начала XXI в., но все-таки ставших уже классическими боевых единиц. Следует, изучив мировой опыт, переработав его под свои цели и задачи, задуматься о необходимости проектирования и строительства более крупного и дорогостоящего «универсала» – относительно небольшого десантного авианосца, обладающего очень большими возможностями.

В условиях современного боя немалымы действия в рамках концепции «флот против берега» (предусматривающей, в том числе, и наличие достаточно многочисленной группировки морской пехоты со средствами усиления) без авиационной поддержки и прикрытия, без «вертикального охвата» с высадкой десанта либо диверсионных групп в тыл или на фланги сил противника.

Таким образом, можно предположить, что при отсутствии «полноразмерных» авианосцев наиболее боеспособными, мобильными и перспективными оперативными соединениями современного Российского флота могут стать экспедиционные ударные группы (ЭУД), ядром которых станут авианосные десантные корабли, в ангарах которых помимо техники и личного состава подразделений морской пехоты разместятся десантные и ударные вертолеты, а также легкие штурмовики и истребители. Именно они, а не войсковые транспорты вроде «Мистраля», необходимы ВМФ России, в том числе во время конфликтов типа «пятидневной» войны, или демонстрации флага в любой точке Мирового океана.

В перспективе состав авиагрупп таких кораблей должны дополнить ударные беспилотные летательные аппараты традиционной (самолетной) схемы. Наши вероятные друзья активно изучают и развивают это направление

ЛАК. Достаточно вспомнить широко разрекламированный БПЛА Х-47В – многоцелевой боевой беспилотный летательный аппарат производства компании Northrop Grumman. Этот беспилотник способен совершать взлет и посадку, а также выполнять некоторые задачи без вмешательства оператора, используя возможности бортового компьютера.

Даже откровенно устаревший АВ «Giuseppe Garibaldi», который итальянцы намерены переоборудовать в десантный вертолетоносец, уже сегодня способен осуществлять операции с БПЛА RQ-1B Predator.

На нынешнем этапе развития БПЛА пока еще мало что «умеют» и рассматриваются прежде всего как инструмент подавления ПВО противника, а также как ударное средство для поражения наземных целей с заранее известными координатами. То есть представляют собой обеспечивающее, а также ударное средство, практически дублирующее крылатые ракеты класса «корабль – берег».

Но ведь именно в нашей стране были созданы высокоэффективные одноразовые противокорабельные беспилотные летательные аппараты, именно так можно классифицировать сверхзвуковые тяжелые противокорабельные ракеты оперативного назначения. Перенос бортового «интеллекта», реализованного на подобных комплексах, с одноразовой на многоразовую беспилотную платформу, очевидно, не должен представлять чрезмерно сложной технической проблемы. В этой связи можно вспомнить и первый советский космический беспилотник «Буря», совершивший свой знаменитый полет почти тридцать лет назад – в 1988 г.! Поэтому, очень хочется надеяться, что, в конечном итоге, при соответствующем государственном подходе и финансировании проектов, БПЛА абсолютно нового уровня развития, способные решать такие задачи как непосредственная авиационная поддержка, изоляция района боевых действий, завоевание господства в воздухе, ведение маневренного воздушного боя и т. д. появятся именно в России.

А до появления подобных «умных» машин, способных своим интеллектом сравниться с несовершенным человеческим разумом и самостоятельно решать описанные выше задачи, в составе авиагрупп авианесущих кораблей будут оставаться и пилотируемые ЛАК, для обеспечения проведения взлетных операций которых в носовой части полетной палубы необходим трамплин. При этом на ограниченной по длине палубе УДК появляется возможность установить и короткую катапульту для запуска БПЛА. Ее длина, однозначно меньшая по сравнению с традиционной катапульт-

той, составляющей более 90 м обуславливается, в том числе, и более высокими перегрузками, которые может испытывать беспилотный аппарат.

Открытыми для обсуждения военной наукой остается ряд принципиальных вопросов. В их ряду, например, стоит наличие доковой камеры и десантно-высадочных средств, а также возможность схода десантируемой техники наплав.

Как уже было показано выше, при строительстве «Savour» итальянцы были вынуждены пойти по упрощенному пути, фактически просто приспособив полноценный авианосец под перевозку техники и морпехов в режиме «войскового транспорта». Более современный УДК «Trieste» уже обладает расширенными, полноценными десантными возможностями.

Испанцы же, несмотря на то, что наличие док-камеры кроме усложнения конструкции самого корабля, приводит к увеличению его стоимости, снижению живучести, уменьшению некоторых полезных объемов и т. д., с самого начала приняли эту жертву и их «Juan Carlos I» при том же водоизмещении, что итальянский «Savour», имеет полноценную док-камеру на четыре стандартных десантно-высадочных средства типа LCM.

Вряд ли на корабле среднего водоизмещения, да еще и с полноценными авианосными функциями, удастся разместить док-камеру больших размеров, нежели на четыре самоходных плашкоута или два СВП. Соответственно, его транспортно-высадочные возможности останутся весьма ограниченными.

Высокая численность перевозимого подразделения морской пехоты (до батальона включительно) с тяжелым вооружением и техникой означает, что решение задачи по переброске подразделения полного состава такого подразделения на необорудованный берег четырьмя плашкоутами возможно только несколькими волнами со значительными временными затратами.

А это означает, что указанное количество высадочных средств никак нельзя считать достаточными для выполнения таким кораблем в одиночку (даже при наличии транспортных вертолетов) полноценной десантно-штурмовой операции. Кроме того, следующие после захвата приморского плацдарма этапы подразумевают, в числе прочих, подвоз средств МТО закрепившимся войскам, высадку главных сил, развертывание их в боевые порядки, одновременную эвакуацию раненых и, в конечном счете, расширение плацдарма и выход на оперативный простор.

Здесь встает вопрос не только о роли и месте рассматриваемого десантного

авианосца в структуре ВМФ. Определенно, такой корабль не сможет выполнять высадку первого эшелона десанта вследствие своей громоздкости, высокой стоимости, придания ему функций флагмана или корабля управления оперативного соединения, ограниченных транспортно-высадочных возможностей. Для «первого броска» необходимы гораздо более простые и дешевые корабли, способные осуществить высадку наплав, подойдя максимально близко к берегу – БДК (аналоги «танкодесантных» кораблей), а также скоростные экранопланы и СВП (конкретный тип определяется пригодностью побережья в зоне высадки)

Перспективный десантный авианосец по своему функционалу следует оптимизировать для иных задач, в ряду которых важнейшими будут управление и координация разнородными силами оперативного соединения (экспедиционной ударной группы), обеспечение господства в районе десантных действий, авиационная поддержка десанта и прикрытие сил флота, снабжение войск на плацдарме, эвакуации раненых, высадка сил последующих эшелонов после занятия плацдарма и т. д.

Ныне эксплуатируемые иностранными флотами в качестве высадочных средств различные вариации самоходных плашкоутов типа LCM (landing craft mechanized) практически идентичны тем, что высаживали десант на побережье Нормандии в знаменитый День-Д. Они способны доставить на берег один основной боевой танк (ОБТ) либо порядка 60–80 морпехов с максимальной скоростью около 10 уз. Катера типа LCM-8 (6 таких катеров берет на борт американские УДК типа «America») принимают 1 танк или до 200 морпехов. Но скорость остается столь же низкой.

Русские «Серны» (десантный катер пр. 11770) на их фоне выглядят предпочтительнее. «Серна» может перевезти 1 основной боевой танк (ОБТ) или 2 БМП (или БТР), или 92 человека десанта на скорости 27 уз при волнении 3 балла. Десантные катера типа «Дюгонь» (пр. 21820) также могут рассматриваться для оснащения перспективного десантного авианосца и качественно улучшить его транспортно-высадочные способности. «Дюгонь» поднимает на борт 2 ОБТ или 4 БМП/БТР и развивает скорость до 35 уз.

Не исключено также применение на корабле десантных катеров пр. 02510 типа «БК-16», предназначенных для отрядов специального назначения при проведении операций в том числе и в прибрежной морской зоне. «БК-16» может доставить на побережье 19 человек десанта со скоростью 40 уз. Такие катера, конечно, должны стать не

основными высадочными средствами, а дополнением к указанным «Сернам» и «Дюгоням».

Как отмечают многие эксперты, скорость сама по себе защитой не является. На достаточно большом расстоянии одинаково хорошо поражается цель, осуществляющая как фронтальное, так и фланговое перемещение. Но в нашем случае высадка морского десанта с захватом плацдарма важнее психологический фактор, действующий в данном случае на обе стороны и сокращение временного промежутка за который осуществляется переброска войск или снабжения на побережье.

Также на иностранных кораблях широко применяются СВП LCAC (Landing Craft Air Cushion). Он, как и LCM, принимают на борт 1 ОБТ, но зато 180 морпехов и «бегают» побыстрее – максимальная скорость (с полной загрузкой) – свыше 40 уз.

Вот здесь у нашего флота наблюдается определенный пробел. Современные десантные СВП, пригодные для базирования на перспективный УДК, пока попросту отсутствуют. Определенные работы были инициированы в направлении создания таких СВП для комплектования ими «Мистралей». Совершенно очевидно, что они должны быть доведены до логического конца с адаптацией к перспективным кораблям рассматриваемого класса российских проектов.

Много споров сегодня вызывает целесообразность стратегия так называемой «загоризонтной высадки». Она позволяет десантировать плавающую технику, не входя в зону визуального контакта с противником. Основной причиной разработки этой стратегии, появившейся в США в 80-х гг. прошлого столетия стало стремление защитить десантные корабли от действия прибрежных морских мин и береговой обороны. Основной стратегией являются такие высадочные средства, как СВВП MV-22 Osprey, СВП LCAC и плавающий бронетранспортер EFV (Expeditionary Fighting Vehicle).

Последний хоть и показал скорость на воде около 46 км/ч и, по некоторым данным, был даже принят на вооружение, но в серию так и не пошел.

В России с 2013 г. ведется разработка боевой машины для морской пехоты (БММП). Изначально работы велись в рамках гособоронзаказа, однако заказчик остановил их и в данный момент они идут в инициативном порядке. Ведутся работы по созданию средств, удовлетворяющих реализации этой концепции и в Китае.

Тем не менее, наверное, следует признать, что «загоризонтная высадка» в реалиях современной войны это красиво, но вряд ли эффективно. Страны, во-

оруженные силы которых обладают достаточно сильными ВВС и располагают современными ракетно-артиллерийскими комплексами в состоянии сорвать высадку десанта даже на таком «безопасном» удалении. С другой стороны, если береговая оборона была подавлена как авиационными средствами, так и универсальной артиллерией кораблей поддержки, завоевано господство в воздухе в районе высадки, то «загоризонтная высадка» становится просто излишней.

Необходим взвешенный подход и к составу вооружения корабля. Не ставится под сомнение необходимость наличия средств самообороны – зенитных ракетно-артиллерийских комплексов последнего поколения, возможно, ЗРК среднего рубежа, но наличие РСЗО и АУ остаются сегодня открытыми даже для вооружения БДК, которые будут работать на минимальном удалении от берега и имеют вероятность непосредственного огневого контакта с противником.

При наличии штурмовых вертолетов и кораблей поддержки с универсальной артиллерией, скорее всего, именно на них должна быть возложена задача подавления огневых точек и уничтожения бронетехники противника, в том числе расположенных на закрытых позициях, а системы залпового огня, АУ с погребами боезапаса и системами управления займут на десантном корабле дополнительные объемы, увеличат его стоимость при весьма неодоляемом значимом профите.

В свете сказанного довольно неуместной смотрится наличие на проекте перспективного десантного вертолетоносца «Прибой», модель которого неоднократно демонстрировалась на различных выставках, артиллерийской установки, причем, судя по рекламной листовке калибра всего 100 мм.

Еще одними спорными моментами при проектировании нового корабля, как правило, является выбор типа ГЭУ и определение максимальной развиваемой скорости. В последнее время, наконец, начинает преобладать взвешенное мнение о нецелесообразности слишком высоких скоростей полного хода у боевых надводных кораблей основных классов. Гораздо важнее экономичность, ремонтпригодность ГЭУ, существенное снижение эксплуатационных расходов. В таком случае, возможно, следует рассматривать дизельную, либо дизель-электрическую энергетическую установку. Возвращаясь к уже упомянутому «Прибою» возникает вопрос о целесообразности газотурбинной ГЭУ на корабле с максимальной скоростью хода 20 уз.

Вкратце, очень крупными мазками, можно определить следующий облик перспективного корабля:

Назначение: корабль управления и координации действия разнородных сил оперативного соединения, флагман экспедиционной ударной группы. Обеспечение господства в районе десантных действий, авиационная поддержка десанта и прикрытия сил флота, разведка, уничтожение сил и средств противника на берегу, снабжение войск на плацдарме, эвакуация раненых, высадка сил последующих эшелонов после занятия плацдарма и ряд иных задач, номенклатура которых в дальнейшем потребует уточнения.

1. Авианосная архитектура – сплошная полетная палуба с трамплином.

2. В перспективе – наличие укороченной катапульты для запуска БПЛА.

3. Авиакрыло, состоящее из ударных и десантно-транспортных вертолетов, самолетов, перспективных ударных БПЛА самолетной схемы.

4. Наличие на борту ангара для размещения ЛАК.

5. Наличие доковой камеры для соответствующего количества десантных катеров типа «Серна» или «Дюгонь», перспективных СВП.

6. Дополнительное наличие на борту специальных катеров типа «БК-16».

7. Отсутствие функций высадки наплава (носового лацпорта и иных технических средств), а также опционала «загоризонтной высадки».

8. Наличие комплексов самообороны – ЗРАК, ЗРК средней дальности.

9. Отсутствие РСЗО и универсальной артиллерии среднего калибра.

10. Расширенные госпитально-медицинские возможности. Для выполнения «гуманитарных» миссий и приема раненых при выполнении основной боевой задачи.

11. Развитые радиоэлектронные средства (обеспечение функций управления соединением) и средства РЭБ.

12. Относительно невысокая скорость хода порядка 19–21 уз.

13. Экономичная ГЭУ, дизельная либо дизель-электрическая.

14. Возможность действий в северных широтах, особенно принимая во внимание факт все более глобального присутствия России в Арктике.

15. Возможность перевозки на верхней палубе стандартных морских контейнеров с любым видом груза.

В настоящее время Россия нуждается в пополнении состава ВМФ современными десантными кораблями. Следует признать, что работы в этом направлении ведутся. Так, на МВМС–2017 было заявлено, что строительство перспективных вертолетоносцев «Прибой» заложено в новую государственную программу вооружения на 2018–2025 гг. Очень хочется верить, что планам этим суждено сбыться. ■

Как уже отмечалось [1], интерес к применению судов смешанного плавания (ССП) для работы с речными терминалами на рейдовые перевалочные комплексы (РПК) для доставки массовых грузов во многом объясняется недостатком количества глубоководных портов и проблемой доставки груза к этим глубоководным портам по железной дороге и автотранспортом. Конечная цель – погрузка-выгрузка ССП на морское судно дедевитом от 25 до 300 тыс. т в условиях рейда (в режиме STS – ship to Ship – борт о борт).

Однако для успешной реализации такой схемы требуется собственно сам РПК в виде танкера-накопителя для нефтеналивных грузов или балкера-накопителя для сухих грузов со своими (своими) кранами или плавкраном у борта.

При перевалке сухогрузов с достаточно серьезными требованиями к суточной производительности РПК (12–20 тыс. т в сутки и выше) уже сложно применять обычные балкеры со своими кранами.

Поэтому выходом становится создание комбинированного РПК в виде специализированного несамоходного судна с мощным высокопроизводительным краном и зоной для размещения, необходимой для его накопления во время перерыва между «большими» судами (фидерные ССП плавания подходят чаще).

Безусловно, в плавучем кране с палубной площадкой для складирования груза нет ничего нового. Они в таких ситуациях, как правило, и применяются.

Но объем груза, который может быть размещен на такой площадке, крайне незначителен. Более эффективным решением является применение трюмного размещения груза. Трюм, в

ОБОСНОВАНИЕ НАДВОДНОГО БОРТА КРАНОВОГО НЕСАМОХОДНОГО СУДНА «ОТКРЫТОГО» ТИПА РАСЧЕТНЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ КАЧКИ И ЗАЛИВАЕМОСТИ

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор
ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,

М.А. Кутейников, д-р техн. наук, начальник отдела
ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,

И.Ф. Давыдов, канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник,

В.И. Тонюк, технический директор, гл. конструктор,
ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,

М.Е. Захаров, гл. специалист

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,
контакт. тел. (812) 233 6403

свою очередь, формально требует наличия «конвенционных» (или, как минимум, водонепроницаемых) люковых закрытий, что дорого и для перевалочного несамоходного комплекса на рейде явно избыточно. Поэтому следует попытаться избежать таких затрат, выполнив закрытия трюма как средства защиты груза от непогоды.

Однако наличие фактически «открытого» трюма заметного объема, который уже сложно трактовать как процесс, приводит к известным проблемам при назначении надводного борта.

Цель статьи – обоснование надводного борта кранового несамоходного судна с грузовым трюмом без водонепроницаемых люковых закрытий (суда «открытого» типа) на основе расчетного моделирования параметров качки и заливаемости РПК (на примере пр. CV03 «Морского Инженерного Бюро»).

Исследуемое РПК пр. CV03 представляет собой несамоходную морскую баржу ограниченного района плавания, с формой корпуса в виде прямоугольного понтона с небольшими подрезами в носу и корме, с надстройками бака и юта, с транцевыми носовой и кормовой оконечностями, с грузовым трюмом в средней части, с кормовым расположением жилой надстройки и машинного отделения (рис. 1).

Основная идея исследования состоит в том, что такому судну назначается надводный борт в предположении о наличии люковых крышек.

Это решение может быть принято только в том случае, если в условиях реального волнения на рейде трюм РПК не будет заливаться забортной водой (или, по крайней мере, масса забортной воды, попадающей в этот трюм, будет незначительной и может быть безопасно удалена средствами осушения).

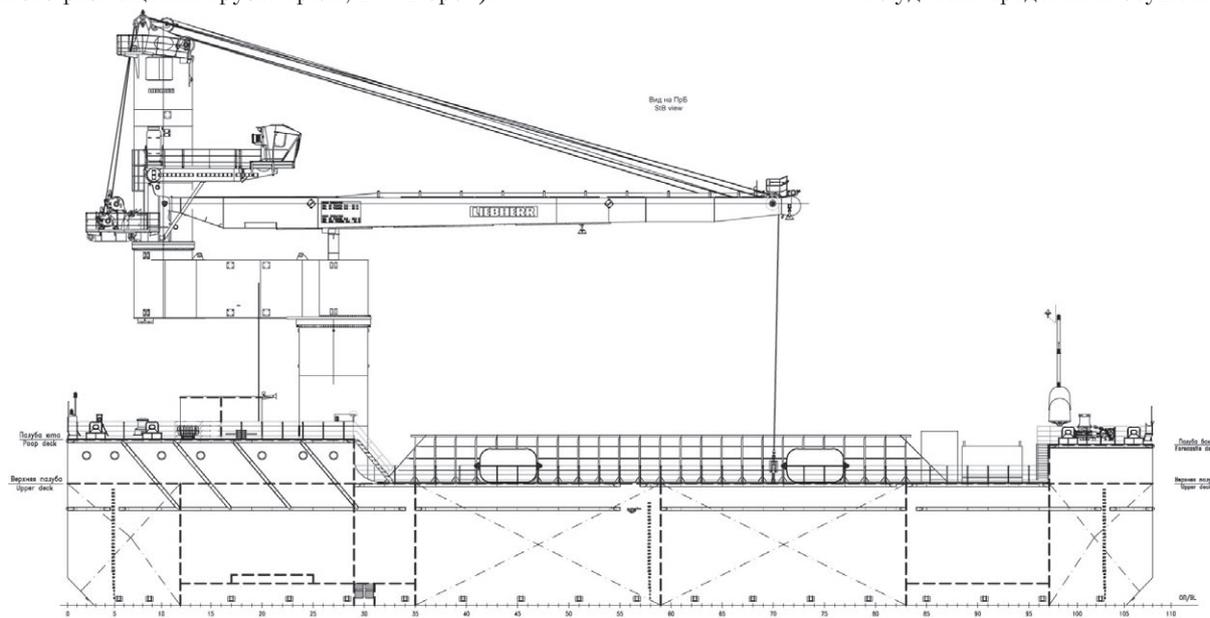


Рис. 1. Общее расположение рейдового перевалочного комплекса (вид сбоку)

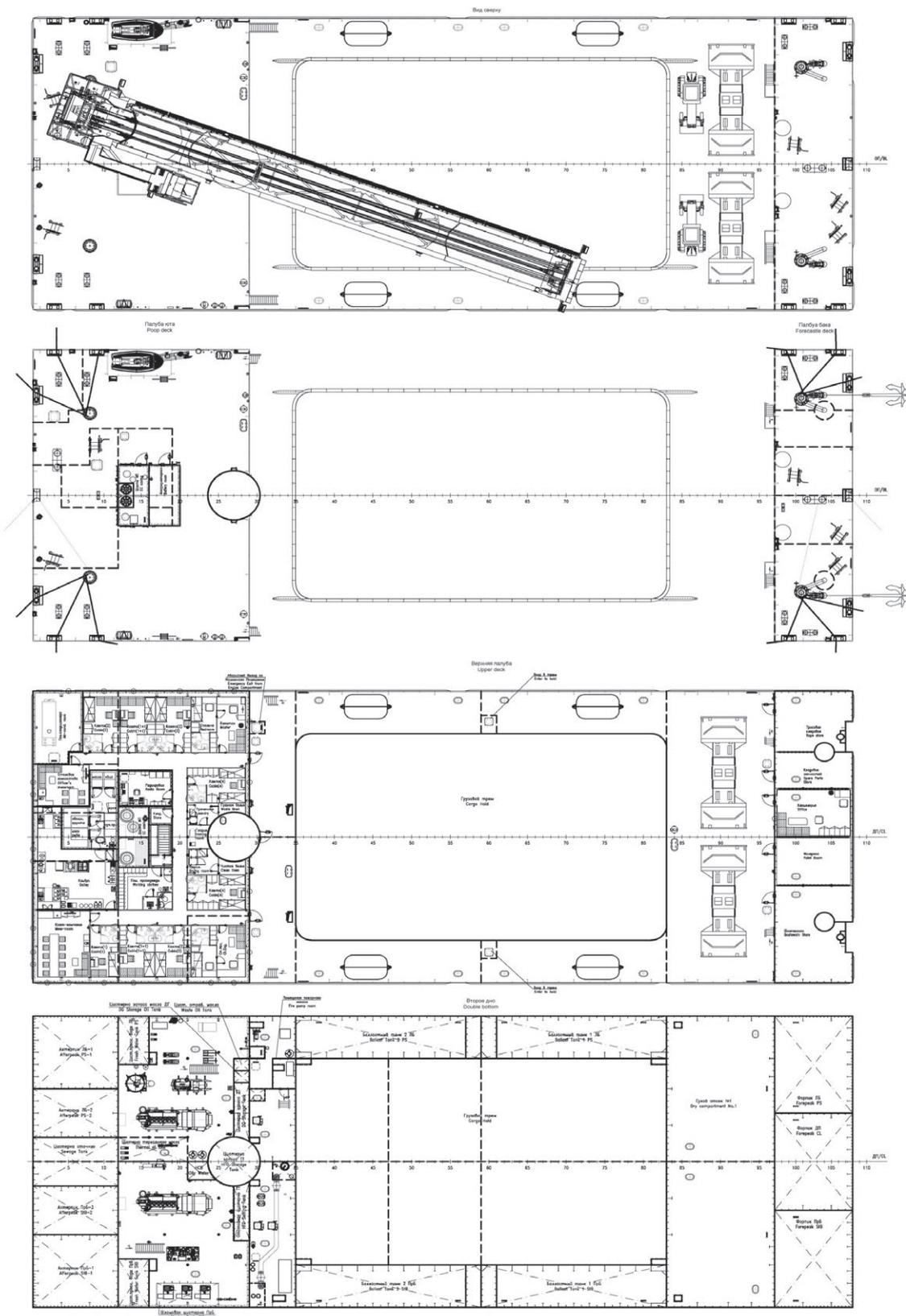


Рис. 1. Общее расположение рейдового перевалочного комплекса (вид сверху на палубы, трюм и машинное отделение)

Для обоснования был выполнен широкий комплекс исследований, в том числе расчетное моделирование параметров качки и заливаемости РПК, о котором и идет речь в настоящей публикации.

Расчетная оценка заливаемости выполнялась для судна в полном грузу с учетом шести видов качки на волнении на основе рекомендаций Цир-

куляря 608 Комитета по безопасности на море MSC/Circular.608/Rev.1 «Interim Guidelines for Open-top Containerships», так как сама задача доказательства безопасности эксплуатации судна без люковых закрытий в море не зависит от его типа, а вот предполагаемый район эксплуатации и режимы волнения влияют значительно.

В процессе оценок были выполнены расчеты присоединенных масс и коэффициентов демпфирования; рассчитаны амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики всех шести видов качки, относительных вертикальных перемещений и скоростей (относительно взволнованной поверхности) характерных точек корпуса

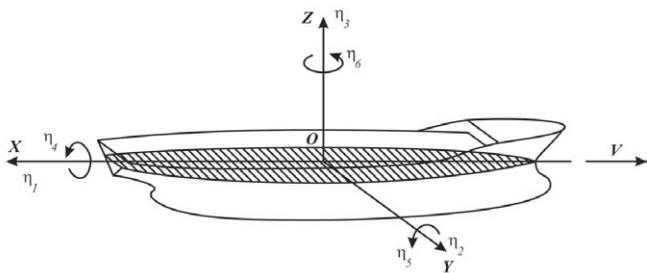


Рис. 2. Система координат в расчетах качки

судна при движении на регулярном волнении с различными курсовыми углами по отношению к набегающему волнению; определены статистические характеристики всех видов качки и кинематических характеристик в условиях нерегулярного двухмерного волнения.

На основе расчетов параметров качки без хода на регулярном и нерегулярном волнении с различными курсовыми углами выполнялись оценки опасности заливаемости грузового трюма.

Была показана возможность безопасной эксплуатации судна на нерегулярном волнении в пределах района плавания с высотой волн 3%-ной обеспеченности до 5 м включительно (6 баллов по шкале ГУГМС).

Параметры качки на регулярном и нерегулярном волнении определены с помощью известной системы программ «Качка» [2].

В комплексе программ «Качка» использованы две системы координат, связанных с судном.

В программах расчета гидродинамических коэффициентов и передаточных функций качки и волновых нагрузок принята правая система: ось Z проходит через центр тяжести судна и направлена вверх, ось X лежит в ДП и направлена в корму, ось Y – на правый борт, начало координат расположено в плоскости ватерлинии равновесия судна на тихой воде.

Эта система координат приведена на рис. 2. Символы η_j ($j=1, \dots, 6$) обозначают положительные направления продольно-горизонтальной, поперечно-горизонтальной, вертикальной, бортовой, килевой качки и рыскания соответственно.

Положительное направление отсчета курсовых углов в расчетах качки показано на рис. 3. Встречному волнению соответствует $\mu = 180^\circ$.

Фазовые углы (запаздывание) определяются относительно максимума волнового склона в начале координат системы YXZ.

В расчетах кинематических характеристик качки на нерегулярном волнении для удобства пользователя принята обычная система координат:

начало в точке пересечения ОП, ДП и миделя, ось X направлена в нос, ось Y – на правый борт, ось Z – вертикально вверх.

Учитывая высокое значение отношения $B/d = 4,29$ для судна в полном грузу при осадке 5,60 м, расчет гидродинамических характеристик качки (ГДХ) проводился по методу Франка, что позволило в полной мере учесть все особенности формы корпуса и соотношения главных размерений.

Необходимая точность определения ГДХ обеспечивалась специальным выбором координат точек контуров поперечных сечений.

Рис. 3. Отсчет курсовых углов в расчетах качки

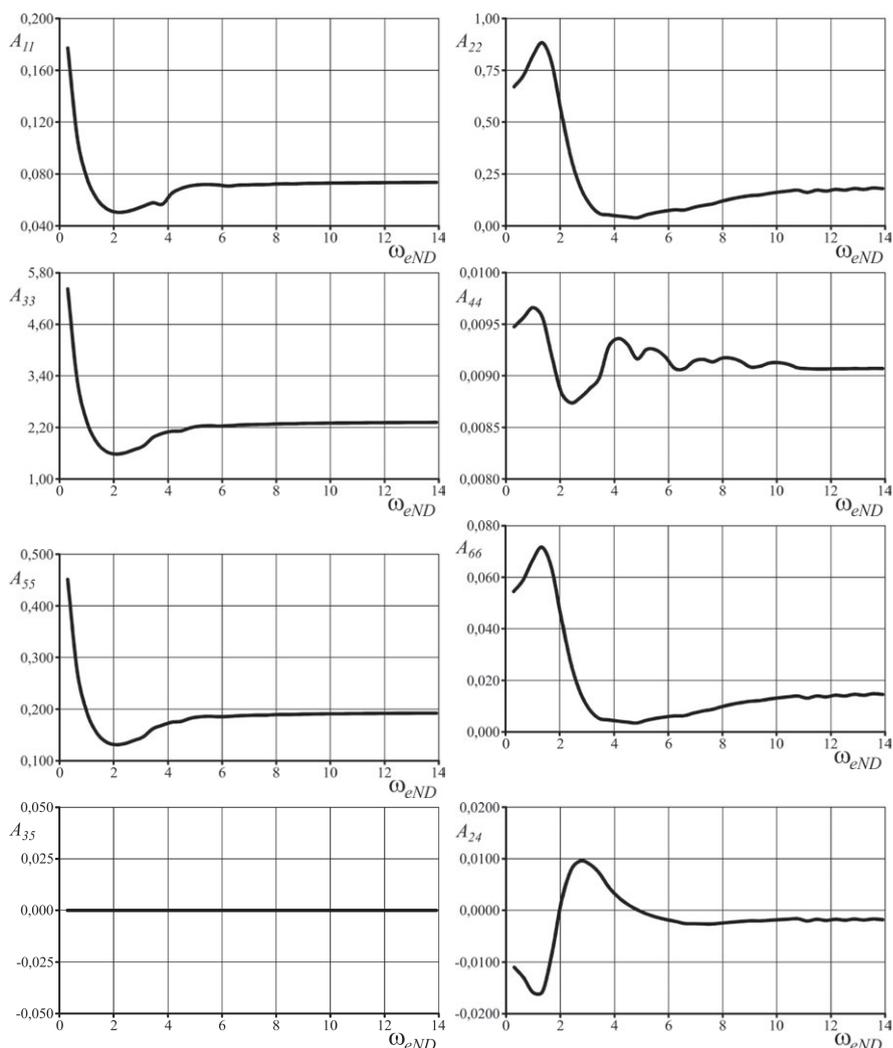
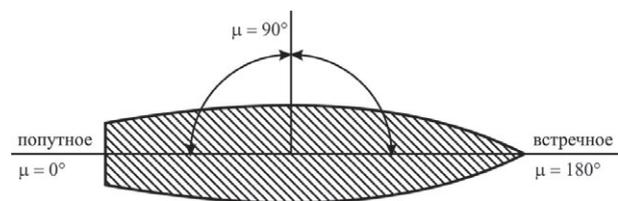


Рис. 4. Обобщенные присоединенные массы $A_{j,k}$ в зависимости от безразмерной кажущейся частоты $\omega_{eND} = \omega_e \sqrt{L/g}$

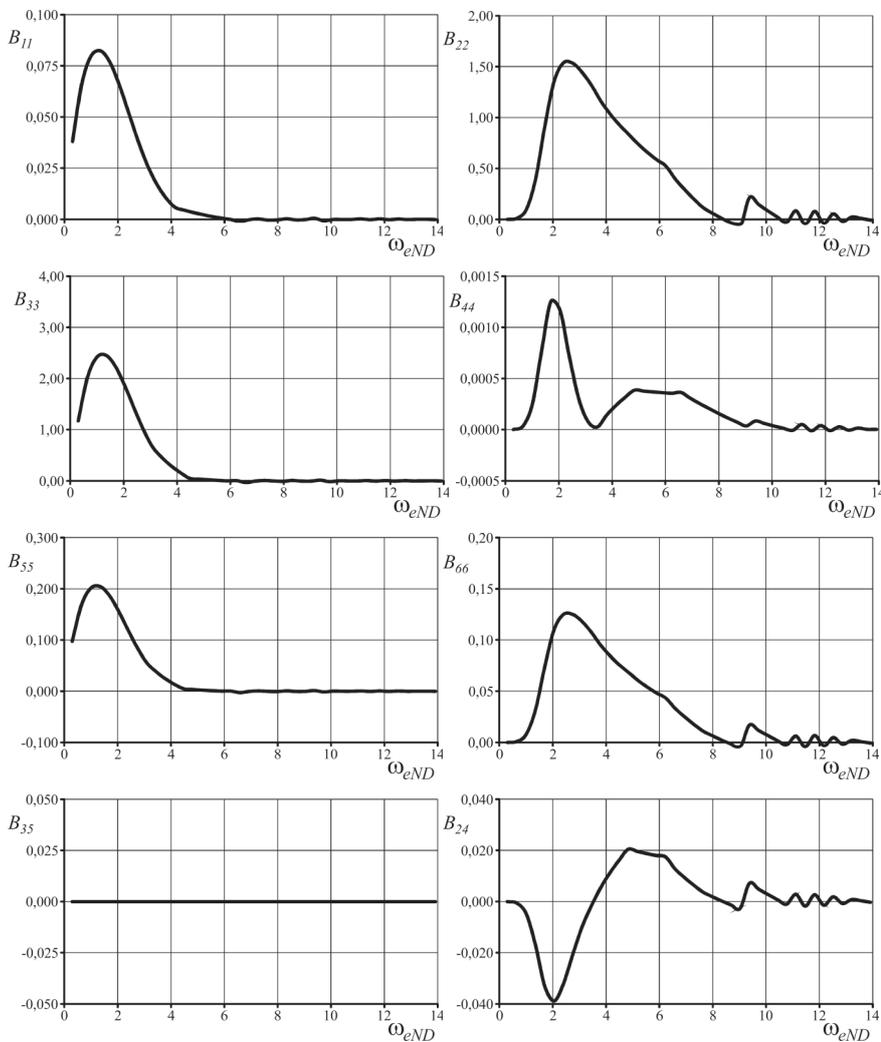


Рис. 5. Обобщенные коэффициенты $A_{j,k}$ демпфирования в зависимости от безразмерной кажущейся частоты $\omega_{eND} = \omega_e \sqrt{L/g}$

в грузу (при осадке 5,60 м) для различных курсовых углов представлены на рис. 6–9.

Результаты расчетов стандартов относительных перемещений характерных точек кромок комингса грузо-

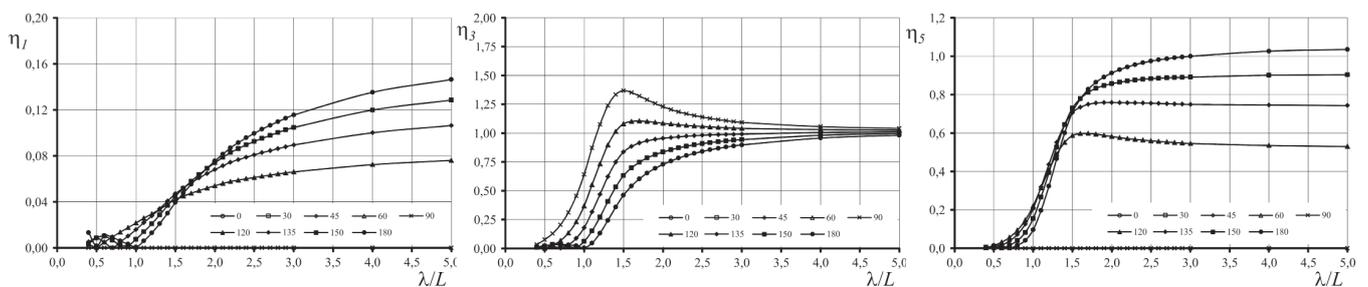


Рис. 6. Амплитудно-частотные характеристики продольной качки

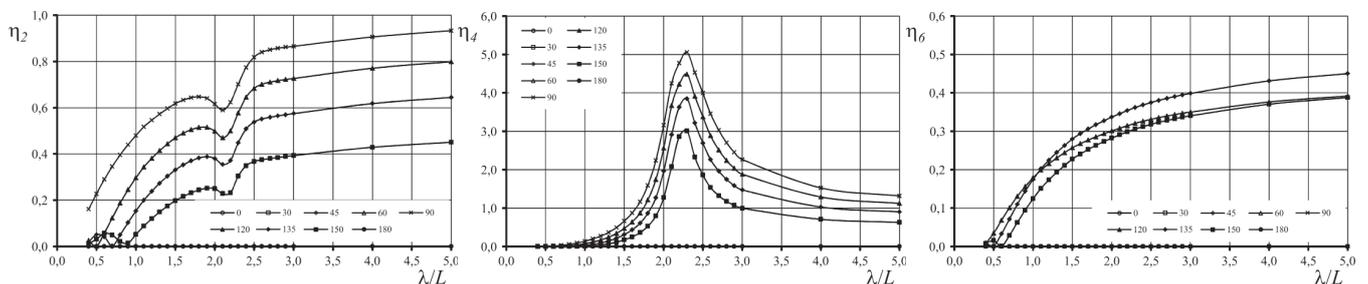


Рис. 7. Амплитудно-частотные характеристики поперечной качки

вого трюма на нерегулярном двухмерном волнении для условной (удобной для графического представления) высотой волны 3%-ной обеспеченности $h_{3\%} = 10$ м и различных значений среднего периода волнения представлены на рис. 10 и рис. 11.

В качестве характеристики заливаемости была принята максимальная вероятная амплитуда относительных (относительно волнового профиля) вертикальных перемещений верхней кромки комингса грузового люка.

В рамках линейной теории качки максимальная вероятная амплитуда относительных вертикальных перемещений может быть определена по формуле [3]

$$A_{r\max} = k_M \overline{\sigma}_r h_{3\%},$$

где $\overline{\sigma}_r$ – стандарт относительных вертикальных перемещений верхней кромки комингса при единичной

высоте волны $h_{3\%} = 1$ м; $k_M = \sqrt{2 \ln \frac{T}{\tau}}$.

Здесь T – время нахождения судна на стационарном волнении; τ – средний период волнения.

Величину коэффициента k_M нахождения судна на стационарном режиме волнения в течение 3 сут. Таким образом,

$$T = 3 \times 24 \times 3600 = 259\,200 \text{ с};$$

$$k_M = \sqrt{2 \ln \frac{259\,200}{7}} = 3,243.$$

Допустимая по условиям незаливаемости наибольшая высота волны 3%-ной обеспеченности была определена по формуле

$$h_{3\%} = \frac{F}{k_M \sigma_r},$$

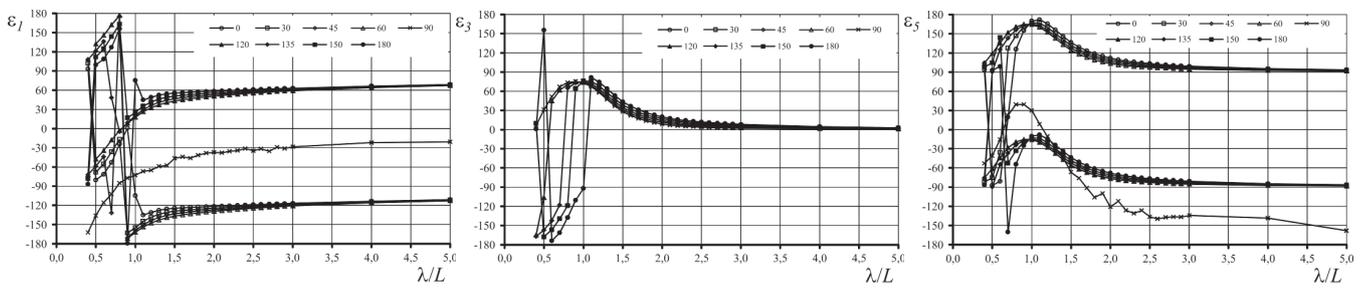


Рис. 8. Фазочастотные характеристики продольной качки

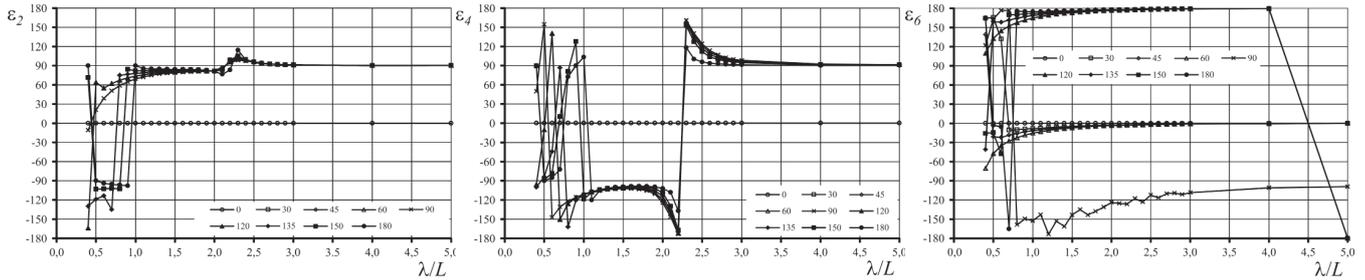


Рис. 9. Фазочастотные характеристики поперечной качки

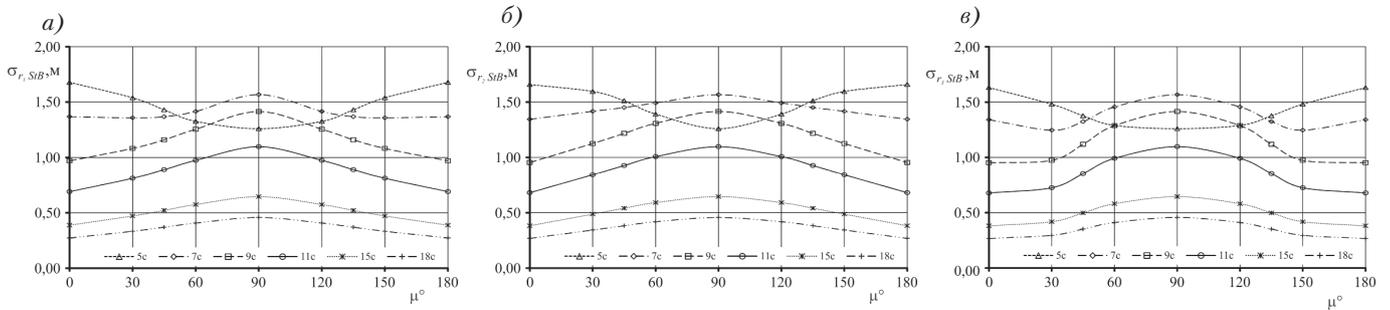


Рис. 10. Стандарты относительных вертикальных перемещений на правом борту: а – кормового комингса грузового люка на правом борту; б – комингса грузового люка в миделевом сечении на правом борту; в – носового комингса грузового люка на правом борту

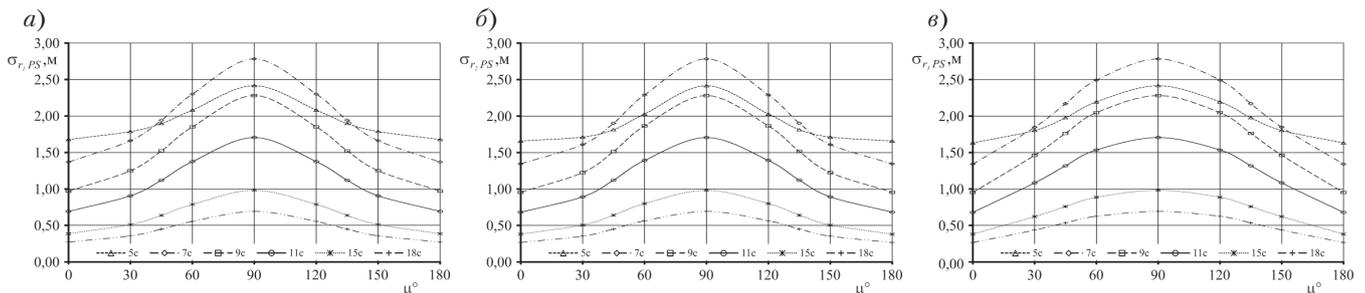


Рис. 11. Стандарты относительных вертикальных перемещений на левом борту: а – кормового комингса грузового люка на левом борту; б – комингса грузового люка в миделевом сечении на левом борту; в – носового комингса грузового люка на левом борту

где F – отстояние верхней кромки комингса от ватерлинии. При осадке 5,60 м $F = 4,60$ м.

Единичные стандарты относительных вертикальных перемещений комингса по левому борту приведены в табл. 1–3.

Наибольший единичный стандарт соответствует положению судна лагом к волне и среднему периоду волнения 7 с. Таким образом, расчетная величина единичного стандарта составляет 0,278 м.

Допустимая, по условиям незаливания грузового трюма, наибольшая высота волны 3%-ной обеспеченности составляет

$$h_{3\%} = \frac{F}{k_M \sigma_r} = \frac{4,6}{3,243 \cdot 0,278} = 5,10 \text{ м.}$$

Анализ показателей заливаемости грузового трюма судна при осадке 5,60 м свидетельствует об отсутствии ограничений при эксплуатации при волнении интенсивностью 5 баллов по шкале ГУГМС (высота волнения 3%-ной обеспеченности 3,5 м).

Заключение. На основе расчетов качки с шестью степенями свободы были выполнена оценка заливаемости грузового трюма кранового судна проекта CV03 при эксплуатации в районе, соответствующем классу на двухмерном нерегулярном волнении.

В оценках заливаемости полностью учтены рекомендации Циркуляра 608 Комитета по безопасности на море MSC/Circular.608/Rev.1 – Interim Guidelines for Open-top Containerships.

Оценка выполнялась в рамках линейной теории на основе величины стандарта относительных вертикальных перемещений верхней кромки комингса грузового трюма.

Наиболее неблагоприятными, с точки зрения заливаемости, являются условия, соответствующие положению судна лагом к волне при среднем периоде нерегулярного волнения 7 с.

Стандарты относительных вертикальных перемещений кормового комингса грузового люка на левом борту при единичной высоте волны, м

Средний период волнения, с	Курсовой угол, град								
	0	30	45	60	90	120	135	150	180
5	0,168	0,179	0,190	0,208	0,242	0,208	0,190	0,179	0,168
7	0,137	0,166	0,194	0,230	0,278	0,230	0,194	0,166	0,137
9	0,097	0,125	0,152	0,185	0,228	0,185	0,152	0,125	0,097
11	0,069	0,091	0,112	0,137	0,171	0,137	0,112	0,091	0,069
15	0,039	0,051	0,064	0,079	0,098	0,079	0,064	0,051	0,039
18	0,027	0,036	0,045	0,055	0,069	0,055	0,045	0,036	0,027

Таблица 2

Стандарты относительных вертикальных перемещений комингса грузового люка в миделевом сечении на левом борту при единичной высоте волны, м

Средний период волнения, с	Курсовой угол, град								
	0	30	45	60	90	120	135	150	180
5	0,166	0,171	0,181	0,203	0,242	0,203	0,181	0,171	0,166
7	0,134	0,161	0,190	0,229	0,278	0,229	0,190	0,161	0,134
9	0,095	0,122	0,151	0,187	0,228	0,187	0,151	0,122	0,095
11	0,068	0,089	0,112	0,139	0,171	0,139	0,112	0,089	0,068
15	0,038	0,050	0,064	0,080	0,098	0,080	0,064	0,050	0,038
18	0,027	0,035	0,045	0,056	0,069	0,056	0,045	0,035	0,027

Таблица 3

Стандарты относительных вертикальных перемещений носового комингса грузового люка на левом борту при единичной высоте волны, м

Средний период волнения, с	Курсовой угол, град								
	0	30	45	60	90	120	135	150	180
5	0,163	0,180	0,198	0,219	0,242	0,219	0,198	0,180	0,163
7	0,134	0,185	0,217	0,249	0,278	0,249	0,217	0,185	0,134
9	0,095	0,146	0,176	0,205	0,228	0,205	0,176	0,146	0,095
11	0,068	0,108	0,132	0,154	0,171	0,154	0,132	0,108	0,068

Главный вывод – заливание грузового трюма, по результатам расчетов, отсутствует, поэтому эксплуатация судна пр. CV03 вполне безопасна при открытом грузовом трюме и максимальной осадке 5,60 м, назначенной в условном предположении о наличии (формаль-

ном) люковых крышек при высоте волны 3%-ной обеспеченности до 5,10 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А. Г. Модели эксплуатации составов смешанного река-море плавания // Морской вестник. – 2015. – № 1 (53) – С. 101–107.
2. Guliev J. M., Davidov I. F. Practical Estimation of Safe Ship Speed in Waves. – Proceedings Jubilee 15th Session SMS-SH, 1986. – Vol. 2, Varna. – Report № 7.
3. Faltisen O. M. Sea Loads on Ships and Offshore Structures. – Cambridge University Press, 1990. ■

Судостроительный завод «Пелла» традиционно специализируется на производстве буксиров, катеров и многофункциональных морских судов технического флота для нужд коммерческих заказчиков и федеральных органов власти. На сегодняшний день предприятие активно реализует еще одну серьезную задачу – обновление рыбопромыслового флота России.

Первое промышленное судно ледового класса пр. PL475 «VESTLINER» в ноябре 2016 г. было передано норвежской рыбопромысловой компании «Keltic AS».

Данное судно предназначено для ярусного лова донных пород рыб в Баренцевом море и Северной Атлантике. В процессе эксплуатации оно показывает хорошую мореходность и промысловые результаты при добыче трески, пикши, палтуса и других донных рыб.

В марте 2018 г. предприятие планирует заложить судно для добычи краба пр. 03070 для ООО «Антей», контракт с которым был заключен в июне 2017 г. Судно предназначено для добычи краба камчатского, опилио, синего и т. п. конусными ловушками «японского» типа с последующей сортировкой и перегрузкой в решетчатые корзины для транспортировки живого краба в охлажденной забортной воде в специальных изолированных цистернах (RSW-танках).

Основные технические параметры судна для добычи краба пр. 03070

Длина наибольшая, м	50,45
Ширина габаритная, м	12,60
Полное водоизмещение, т	Ок. 1835
Осадка габаритная при полном водоизмещении, м	6,62
Вместимость, м ³ :	
RSW-танков	Ок. 450
кладовой наживки	Ок. 30
Главный двигатель	Wartsila 6L20
Мощность ГД при 1000 об/мин, кВт	Ок. 1200
Скорость, уз.	Ок. 12
Дальность плавания, мили	Не менее 6000
Вместимость валовая, GT	Ок. 1200
Экипаж, чел.	30
Символ класса РС	
КМ	Ice2 AUT3 (REF) Fishing vessel

- Промысловое оборудование судна:
- бортовой выборочный ролик;
 - гидравлическая выборочная машина;
 - гидроблок приводов носового оборудования;
 - блок гидравлических клапанов носового оборудования;
 - цистерна запаса гидравлического масла носового оборудования;

«ПЕЛЛА» ОСВАИВАЕТ СЕРИЙНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО МОРСКИХ ПРОМЫСЛОВЫХ СУДОВ

Г.А. Зомба, начальник конструкторского отдела,
Я.И. Фивейский, инженер-конструктор,
ОАО «Пелла»,
контакт. тел. (812) 336 4066



Судно для добычи краба пр. 03070

- приемный сортировочный стол;
 - лебедка подъема корзин с гидроприводом;
 - трубопровод проводки яруса;
 - лебедка ярусоукладчика с гидроприводом;
 - рельсовая направляющая для ярусоукладчика;
 - гидроблок приводов кормового оборудования;
 - блок гидравлических клапанов кормового оборудования;
 - цистерна запаса гидравлического масла кормового оборудования;
 - транспортер передачи корзин яруса с гидроприводом;
 - измельчитель наживки с гидроприводом;
 - ваерная (троссовая) лебедка с гидроприводом.
- Судно строится, завершена закупка основного оборудования, часть которого уже находится на заводе. В первом полугодии 2018 г. судостроители приступят к монтажу оборудования на судно.



Рыбопромысловый кормовой траулер пр. 03095

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

В 2017 г. ОАО «Пелла» подписало серию контрактов с мурманской группой компаний «Мурмансельдь-2» на строительство четырех рыбопромысловых кормовых траулеров пр. 03095, предназначенных для ловли донных пород рыб и обработки улова на борту судна.

Рыбофабрика кормового траулера пр. 03095 оборудована для автоматизированного технологического процесса переработки рыбы, включая транспортеры, бункеры, разделочные машины, грейдеры, компоненты для дублирования функций и т. п. Фабрика включает линию полного технологического процесса обезглавливания и потрошения белой рыбы, последующей заморозки в вертикальных плиточных морозильных аппаратах производительностью до 100 т/сут. и линией производства филе производительностью до 20 т/сут. с заморозкой в горизонтальной морозильной камере. Кроме того, предусмотрена рыбомучная установка производительностью до 50 т/сут.

Закладка судов состоялась в сентябре и в декабре 2017 г. на новой производственной площадке ОАО «Пелла», введенной в эксплуатацию в 2016 г. На сентябрьской церемонии закладки присутствовали заместитель Председателя Правительства РФ А. В. Дворкович и руководитель Федерального агентства по рыболовству И. В. Шестаков. Передача судов будет осуществляться в согласованные с заказчиком сроки. На данный момент на 25% сформированы корпуса двух заложенных в сентябре судов данной серии, заключены договора на поставку пропульсивно-энергетического комплекса с компаниями Wartsila и Cummins.

Строительство двух средних рыболовных морозильных траулеров пр. 1701 для группы компаний из г. Мурманск осуществляется с 2017 г. Траулер предназначен для донного и пелагического промысла и переработки рыбы на борту судна.

Рыбофабрика траулера оснащена:

- линией для филетирования донных видов рыб и замораживания в горизонтальных плиточных морозильных аппаратах;
- линией для обезглавливания и потрошения трески, пикши, сай-



Рыболовный морозильный траулер пр. 1701

Основные технические параметры траулеров

Характеристика	Кормовой траулер пр. 03095	Рыболовный морозильный траулер пр. 1701
Длина наибольшая, м	69,	61,04
Ширина наибольшая, м	13,5	14,00
Осадка расчетная, м	6,60	5,9
Вместимость рыбного трюма, м ³	1444	1200
Мощность главного двигателя, кВт	5220	3480
Валовая вместимость, т	Ок. 2600	Ок. 2380
Полное водоизмещение, т	Ок. 3730	3130
Автономность: по запасам топлива, сут. по запасам провизии, сут.	Не менее 25 Не менее 25	Не менее 30 Не менее 30
Экипаж, чел.	60	38
Скорость, уз	Ок. 14,5	Не менее 13,5
Символ класса	PC: KM ⚙ Ice3 AUT1 (REF) Fishing vessel ДНВ ГЛ: ⚙ 1A1 ICE-1B Stern Trawler RM (-30°C/+25°C sea) E0 Судно проектируется и строится по правилам на двойной класс	PC: KM ⚙ Ice2 AUT1 (REF) Fishing vessel

ды, окуня, зубатки, палтуса и т. п., и замораживания в вертикальных плиточных морозильных аппаратах;

- линией для выпуска отходов рыбных ликвидных мороженных (голова, хребты, икра, печень и т. п.) производительностью не менее 5 т/сут.;
- линией для обработки пелагических видов рыб, в основном окуня, для обезглавливания и потрошения окуня, обработки его антиокисли-

телем и замораживания в горизонтальных и вертикальных плиточных морозильных аппаратах.

Закладка двух средних рыболовных морозильных траулеров состоялась в декабре 2017 г.

В настоящее время ОАО «Пелла» продолжает вести переговоры с рядом российских рыбопромысловых компаний о заключении контрактов на строительство новых, отвечающих всем современным требованиям, рыбопромысловых судов. ■

Актуальность работ по изучению ледовой ходкости судов остается достаточно острой для России в связи с увеличением добычи углеводородного сырья на Арктическом шельфе, работой промыслового флота в районах Крайнего Севера, транспортировкой редкоземельных металлов с полуострова Таймыр, охраной наших арктических территориальных водных границ. Для решения этих задач исследование методов построения геометрических форм корпусов судов ледового плавания актуальны и сегодня.

Математическая модель проектирования судна ледового плавания включает аналитические уравнения проектирования, ограничения, генерирование теоретического чертежа, алгоритмы расчета ледовой ходкости, алгоритмы проверочных общесудовых расчетов. В состав системы аналитических уравнений проектирования включены уравнения масс, плавучести, ходкости, остойчивости. Ледовое сопротивление рассчитывается методом [1], наиболее полно учитывающим геометрию корпуса судна.

Основным природным фактором, определяющим длительность периода судоходства на внутренних водных путях (ВВП) России, является ледовый режим водного пути, характеризующийся сроками существования ледяного покрова, а также толщиной льда.

На карте РФ (рис. 1) видно, что в продолжительность ледовых явлений на ВВП России увеличивается в

ОЦЕНКА ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОМЕТРИИ КОРПУСА СУДНА ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, зам. гл. инженера ПАО ЦКБ «Айсберг»,
Н.А. Кузьмин, д-р техн. наук, зав. кафедрой,
М.Ю. Сандаков, канд. техн. наук, доцент,
Н.Е. Тихонова, канд. техн. наук, доцент, НГТУ им Р.Е. Алексеева,
 контакт. тел. +7 (911) 091 1652

направлении с юго-запада на северо-восток в пределах 130–245 суток, что сказывается на продолжительности работы флота в течение года.

Структура ледовых условий для разных районов ВВП Российской Федерации существенно различается [2]. В настоящей работе исследуется, каким образом район эксплуатации, а следовательно, и распределение ледовых условий влияют на выбор основных элементов и геометрии корпуса судна ледового плавания.

Особенностью влияния ледового режима на судоходство является значительная изменчивость сроков наступления ледостава по времени и по участкам водных путей. Интервалы времени между ранними и поздними датами наступления ледостава достигают 50 суток, а разница между максимальной и минимальной продолжительностью ледостава достигает на водохранилищах 40–50, а на реках 75–85 суток [2].

При работе судна ледового плавания в зимних навигациях можно выделить два существенных состояния ледяного покрова. Это движение судна в сплошном ледяном поле и плавание в битых льдах.

При движении судна ледового плавания одним из главных факторов, влияющим на ледовую ходкость, является толщина сплошного ледяного покрова.

Для практических расчетов ожидаемой толщины сплошного льда используются эмпирические формулы [3]. Они связывают толщину льда h (см) с суммой средних суточных значений отрицательной температуры воздуха $\Sigma(-T)^\circ\text{C}$ за некоторый рассматриваемый период. Часто используется формула Б. А. Аполлова, в которой учитывается и толщина снега $h_{\text{сн}}$, см:

$$h = 1,8 \left(1 + \frac{1}{h_{\text{сн}} \sqrt{\Sigma(-T)}} \right). \quad (1)$$

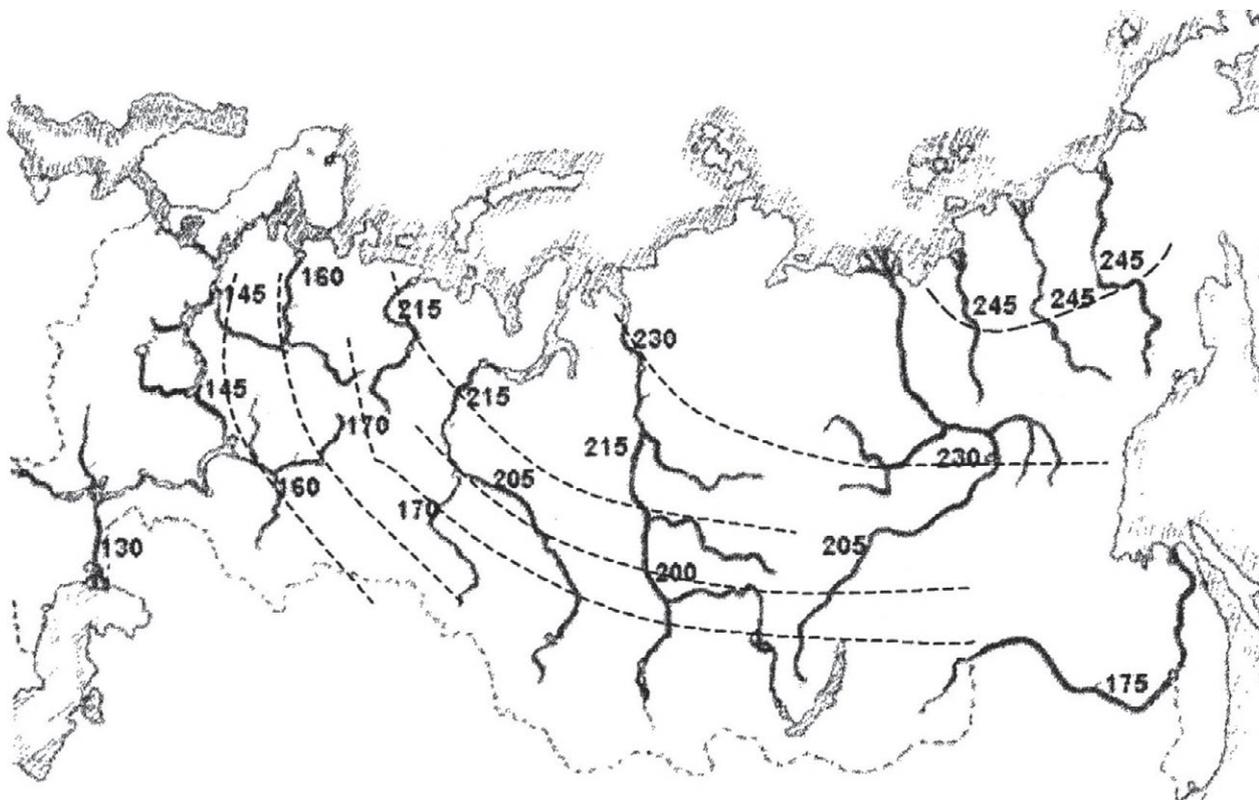


Рис. 1. Распределение продолжительности ледовых явлений, сутки, на ВВП России

Определять толщины льда можно по формуле Стефана

$$h = 3\sqrt{\sum t} \quad (2)$$

на реках и перекатах, где скорость течения выше и скорость ледообразования меньше, по формуле Ф. И. Быдина

$$h = 2\sqrt{\sum t}, \quad (3)$$

где h – толщина льда, см; $\sum t$ – число градусо-дней мороза или последовательная сумма отрицательных суточных температур воздуха.

Разнообразие ледовых условий может быть представлено в виде некоторой матрицы распределения ледовых условий по району плавания или просто матрицы ледовых условий. Следует отметить, если судно ледового плавания в основном работает на разрушение сплошного ледяного покрова, а другие ледовые условия, если и встречаются, то занимают малую долю от общего времени работы судна во льдах. Поэтому в данной работе рассмотрим ледовые условия, включающие сплошной ледяной покров разной толщины. Матрица ледовых условий может иметь, например, следующий вид:

Матрица ледовых условий

Толщина льда	h_1	h_2	...	h_n	$\sum d_i = 1$
Доля данной толщины льда	d_1	d_2	...	d_n	

Доля толщины льда d_i в зависимости от способа задания ледовых условий может быть представлена двойкой [4]. В первом случае это относительное время плавания t_i ($\sum t_i = 1$) в конкретных ледовых условиях. Во втором случае это относительная протяженность участка трассы l_i ($\sum l_i = 1$) с постоянными ледовыми условиями. В зависимости от представления d будем говорить о первом и втором способах задания ледовых условий.

Оптимизация осуществляется по обобщенным критериям [5]. Для первого способа задания ледовых условий обобщенные критерии выглядят следующим образом:

$$K_1 = \sum C_i \bar{t}_i / \sum V_i \bar{t}_i; \quad (4)$$

$$K_2 = q_0 \sum N_i \bar{t}_i / \sum V_i \bar{t}_i.$$

При задании ледовых условий вторым способом обобщенные критерии будут иметь вид

$$K_1 = q_0 \sum (N_i / v_i) \bar{l}_i; \quad (5)$$

$$K_2 = \sum (C_i / v_i) \bar{l}_i.$$

где K_1 – относительный расход топлива главными двигателями на ледокольную работу, кг/км; K_2 – удельные приведенные затраты на ледокольную работу, тыс. руб./км; C – приведенные затраты, руб./ч; v – скорость судна, км/ч; N – суммарная мощность на гребных

валах, кВт; q_T – удельный расход топлива главными двигателями, кг/кВт·ч.

Критерии оптимизации называются обобщенными по той причине, что они учитывают разнообразие ледовых условий в районе эксплуатации, и для одного и того же судна критерии принимают различные значения в зависимости от задания распределения ледовых условий.

Для своевременного начала перевозок на ВВП России искусственно вскрывается ледяной покров с помощью ледоколов с прокладкой каналов по основным судоходным трассам. После начала подвижек ледяного покрова ледовые каналы перестают существовать, и транспортные суда проводятся в битом льду. В это время начинается наиболее сложный период ледовых проводок флота. Основным препятствием для транспортных судов ледового плавания в этот период являются дрейфующие крупные ледяные поля, ледяные заторы и сплоченный многослойный битый лед. Большое количество мелкобитого льда образуется при взаимодействии судов с ледяным покровом. Дело в том, что интенсивные ледовые проводки флота, как правило, осуществляются на одних и тех же сравнительно небольших участках водного

пути (100–300 км) и в границах крупных рейдовых стоянок.

Ледовые условия при плавании в битых льдах обусловлены большим количеством факторов, влияющих на ледопродоходимость судна.

Согласно классификации битого льда, предложенной в работе [6], он делится по размерам отдельных льдин: крупнобитый, мелкобитый и ледяная каша. Размер крупнобитого льда принимается от 5 до 20 м, мелкобитого льда – от 0,5 до 5 м, размеры частиц ледяной каши – менее 0,5 м.

Основными признаками, по которым оценивается поверхность битого льда, являются сплоченность и разрушенность. Кроме этого, у битого льда имеются параметры, определяющие его размеры – это толщина льдин и протяженность (средняя величина поперечника льдины).

Сплоченностью битого льда называется отношение суммарной площади льдин на данной акватории к площади последней. Сплоченность льда определяется в баллах по десятибалльной шкале (табл. 1).

Разрушенность битого льда определяется по внешним признакам (цвет, насыщение водой) льда и оценивается в баллах по пятибалльной шкале (табл. 2).

Таблица 1

Шкала сплоченности битого льда

Баллы	Характеристика поверхности акватории	Отношение площади плавующего льда к площади акватории, %
0	Лед отсутствует	0
1	Отдельные льдины	10
2	Очень редкий лед	20
3	Редкий лед	30
4	Разреженный лед	40
5	Лед средней сплоченности	50
6	Малоразреженный лед	60
7	Сплоченный лед	70
8	Очень сплоченный лед	80
9	Почти сплошной лед	90
10	Сплошной лед	100

Таблица 2

Шкала разрушенности ледяного покрова

Баллы	Характеристика льда	Ориентировочная прочность льда в сравнении с зимним льдом, %
0	Отсутствие внешних признаков разрушенности	100
1	Появление на льду отдельных пятен талой воды	90
2	Ледяной покров залит талой водой	80
3	Интенсивное разрушение верхних снеговых слоев	60
4	Лед посинел, разрушение межкристаллической прослойки	40
5	Лед сильно пропитан водой, рассыпается на отдельные кристаллы	10

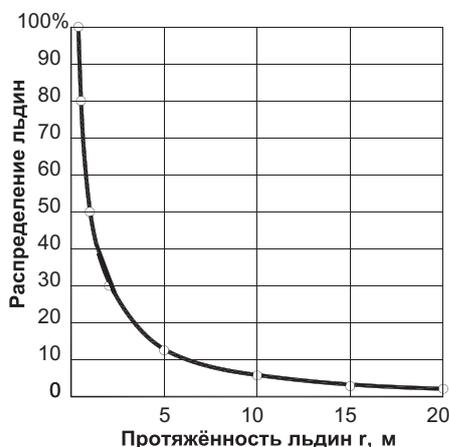


Рис. 2. Распределение льдин различной протяженности в зоне проводок флота

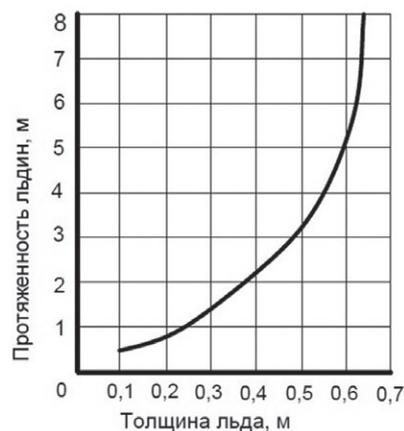


Рис. 3. Зависимость протяженности льдин от толщины льда

Толщина и протяженность битого льда определяются различными способами, в том числе и непосредственными измерениями.

Ледяной покров крупных водохранилищ европейской части России, в отличие от арктических, представляет собой весьма однородное по толщине и прочности поле. При разрушении такого однородного поля судами в зоне проводок должен образовываться мелкобитый лед определенных размеров [6]. Этому содействует то обстоятельство, что взаимодействие судов с ледяным покровом носит однообразный характер, а размеры речных транспортных судов соизмеримы друг с другом.

Таким образом, толщина и протяженность отдельных льдин в зоне проводок должна колебаться около каких-то средних значений. По результатам натурных наблюдений была получена кривая распределения льдин различной протяженности в зоне проводок флота (рис. 2).

Полученное распределение протяженности льдин (рис. 2) показывает, что мелкобитый лед [6] составляет

87% от общего количества битого льда в зоне проводок. Следует отметить, что исследователями не измерялись льдины с поперечниками менее 0,5 м. Из общего количества льдин в наблюдаемой зоне 45–30% имеют протяженность от 2 до 4 м. Результаты натурных наблюдений подтверждают предположение о том, что размеры льдин в зоне проводок флота колеблются в узком диапазоне. По результатам натурных исследований была установлена зависимость между толщиной речного льда и протяженностью льдин (рис. 3).

Явно определенные параметры битых льдов позволяют использовать их в дальнейшем для построения матрицы ледовых условий применительно к работе судов ледового плавания в битом льду. Это, в свою очередь, позволяет воспользоваться предложенной [1] математической моделью проектирования судна ледового плавания, реализованной в виде пакетов прикладных программ для ПЭВМ.

Благодаря данному подходу оценки ледовой обстановки, при создании геометрии корпуса судна ледового плава-

ния можно решать оптимизационные задачи для любого содержания матрицы ледовых условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов: Монография. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
2. Сандаков М.Ю. Обзор ледового режима на внутренних водных путях России. – Мат-лы конфер. «Будущее технической науки», НГТУ, 2004, с. 206–207.
3. Богородский В.В., Гаврилов В.П. Лед. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 383 с.
4. Зуев В.А., Тихонова Н.Е. Обоснование выбора проектных характеристик речных ледоколов. – Мат-лы 3-й Международ. конфер. по морским интеллектуальным технологиям. – СПб., 1999. – Т1. – С.42–45.
5. Ионов Б.П., Грамузов Е.М., Зуев В.А. Проектирование ледоколов. – СПб.: Судостроение, 2013. – 512 с.
6. Тронин В.А. К оценке ледовой обстановки на реках и водохранилищах. Тр. ГИИВТ. – 1966. – Вып. 85. – М.: Транспорт. – С.76–75. ■

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ – НОВЫЕ ПОДХОДЫ

А.В. Иванкович, канд. эконом. наук, начальник бюро финансового контроля, планирования и анализа АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. +7 (921) 377 0968, (812) 714 8575

Постперестроечный путь отечественного судостроения не стал примером гладкой, равномерной эволюции по линии прогресса. Эта воображаемая линия перехода от предыдущего состояния к последующему зачастую именуется некорректным термином «устойчивое развитие», часто имеющим мало общего с реальной действительностью.

С 1991 г. в российском судостроении произошло множество резких перемен, среди которых были и такие, которые заметно сказались на всем строе жизни и деятельности отрасли. Вслед за сменой социально-экономической формации и распадом страны радикально изменились цели деятельности хозяйствующих субъектов, институциональная среда, деградировала система отраслевого управления. Происходившие в отрасли деструктивные процессы по прошествии времени классифицируются как «радикальная экономическая реформа», а полученный результат – как «рыночная или переходная экономика». В качестве исходной базы для анализа этих категорий может быть использована сложившаяся периодизация эпохи 1991–2016 гг., в которой отчетливо просматриваются четыре периода.

Такая периодизация была изначально заложена в планы организаторов преобразования российской экономики. *Первый этап* (конец 1980-х – середина 1990-х) позиционировался как «демонтаж хозяйственного механизма централизованно управляемой экономики». Задача в целом по промышленности была решена успешно, хотя с точки зрения судостроителей пятилетие 1991–1995 гг. может быть названо инерционным. Этот этап отечественное судостроение прошло с меньшими потерями, чем большинство промышленных отраслей. Если, например, производство тракторов в 1996 г. сократилось по отношению к 1988 г. в 22,5 раза, стали – в 2,1 раз, тканей – в 5,9 раза, угля – в 1,95 раза, то в транспортном судостроении объем продукции удерживался на уровне 0,79–0,85 от уровня 1988 г.

Ситуацию несколько сгладило наличие большого задела незавершенного производства, что позволило продолжить сдачу продукции при небольших затратах, таким образом верфи выжили и сохранили значительную часть потенциала. Среднегодовой компенсированный тоннаж кораблей и судов, сданных оставшимися в составе РФ верфями, снизился лишь в 2,5–2,8 раза, несмотря на шестикратное сокращение финансирования оборонного заказа. За пятилетие было сдано немало боевых кораблей,

достаточно сказать, что, например, из 26 ныне входящих в состав ВМФ РФ многоцелевых атомных подводных лодок 18 были сданы в 1990–1996 гг.

Система управления на заводском уровне осталась почти неизменной, хотя и был инициирован процесс приватизации; управляющая элита оставалась на высоте.

С середины 1990-х гг. был начат *второй этап* – «стабилизация экономического функционирования». Для решения задачи использовались чисто макроэкономические, не имеющие иерархического характера, средства.

В рыночный период 1996–2005 гг. уровень производства удалось стабилизировать на уровне 150 тыс. cgt/ecgt в год, причем транспортное судостроение даже превосходило предперестроечные достижения. Стабилизация производства на любом уровне считалась важным достижением. Даже макроэкономические спады – дефолт 1998 г. и глобальный финансово-экономический кризис 2008 г. – не нарушили стабильность отрасли. Падение, а затем подъем следовали общим тенденциям с отставанием на один-два года.

В Послании Президента РФ Федеральному Собранию от 16.05.2003 г. В.В. Путин провозгласил: «Быстрый и устойчивый рост может быть только тогда, когда производится конкурентоспособная продукция. Конкурентоспособным должно быть у нас все – товары и услуги. Технологии и идеи, бизнес и само государство, частные компании и государственные институты, предприниматели и государственные служащие, студенты, профессора, наука и культура» [1].

К моменту пика рыночной фазы 2000–2003 гг. и определенной стабилизации экономики начали появляться теоретические разработки прогнозов социально-экономического развития страны, в целом предусматривавшие динамичный рост объемов производства промышленной продукции, основанный на оптимистической оценке перспективы высоких цен на рынке углеводородного сырья и вытекающего из них ожидания быстрого роста показателя ВВП. С политической точки зрения важно было объяснить причину такого прогресса не столько конъюнктурой нефтяных цен, сколько

завершившимся к этому периоду разрушением советской системы хозяйствования и подтверждением того, что рыночная экономика западного типа по определению эффективнее плановой. При этом в качестве цели и критерия эффективности экономики было выбрано не удовлетворение потребностей общества, а извлечение прибыли, инструментом же успеха рыночной модели был признан механизм конкуренции.

От экономической теории потребовались рекомендации, как перейти от стабилизации к *третьему этапу* – экономическому росту.

Были найдены следующие решения:

- необходим качественно новый набор целей. Основной целевой сферой нового этапа движения российской экономики должна стать мезоэкономика;
- создание методологического аппарата и методических подходов к анализу и синтезу мезоэкономических систем с учетом «генетических» особенностей отечественной экономики и специфики задач посткризисного модернизационного периода ее развития.

Первая из этих теоретических доктрин быстро переросла в чисто практическую проблему выбора приоритетного варианта номенклатуры судостроительной продукции:

- создание новых производственных мощностей и выход на рынок крупнотоннажных простых судов;
- концентрация сил на строительстве сложных наукоемких судов;
- повышение эффективности производства традиционной номенклатуры продукции на существующих мощностях.

Третий вариант был исключен ввиду того, что ни экономическая теория, ни практическая отраслевая наука не располагали ни знанием, ни подобным опытом, а предприятия не проявляли интереса. Таким образом, проблема свелась к соперничеству интересов финансовых кругов, которые привлекали мощные денежные потоки, генерируемые инвестиционными процессами, и предприятий, заинтересованных в индивидуальном и многосерийном производстве с гарантированным бюджетным финансированием при льготном

ценообразовании «по цене продавца».

Сложнее дело обстояло с мезоэкономической частью доктрины, так как и практический опыт, и научный задел в этой области отсутствовали.

Современное российское государство позволяет себе лишь поддерживать экономические процессы, но не управлять ими напрямую; оно также не располагает квалифицированным аппаратом для подготовки институциональных, технических, организационных мер по развитию экономики и ресурсами для реализации такого проекта. Вызов серьезный, но находится нестандартный управленческий ход. Задача «опускается» на уровень субъектов государства с тем, чтобы впоследствии объединить эти частные разработки под оболочкой общего стратегического документа. Приказом Минпромэнерго России от 6 сентября 2007 г. № 354 была утверждена «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу» (далее – Стратегия–2020).

Данный документ не является ни планом, ни программой, так как не содержит оценки исходного состояния потенциала отрасли ни на 2007 г., ни намечаемых на 2020 г. В нем нет заданий по строительству судов и кораблей, нет перечня исполнителей, их прав и ответственности, календарного плана, как это положено в программах. Стратегия–2020 состоит из деклараций лояльности либеральной идеологии. Основная цель стратегии обозначена как «создание нового конкурентоспособного облика судостроительной промышленности» на основе развития научно-технического потенциала, оптимизация производственных мощностей и т. д.

Такая стратегия является успешной уже хотя бы потому, что для отчета можно выбрать любую единицу измерения. Согласно Стратегии–2020 ожидалось к 2010 г. увеличение объема судостроительной продукции в 2,5 раза по отношению к 2005 г., в 2,2 раза – к 2015 г. и так далее. Реально в 2005 г. объем продукции, измеренный в компенсированном тоннаже, составил 159,9 тыс. cgt/ecgt, а в 2015 г. – 139,2 тыс. cgt/ecgt, т. е. уменьшился в 1,14 раза; однако в 2015 г. сообщено об устойчивом росте объемов производства в 3,4 раза, т. е. о значительном превышении уровня целевых индикаторов. Секрет прост – предвидимый рост цен на продукцию государственного оборонного заказа и выбор стоимостного измерителя результата. Этот успех был предопределен в судостроительной отрасли, где руководители лучше понимали состязательную ситу-

ацию: если в 1988 г. объем советского судостроения составлял 10,6% мирового, то к 2005 г. достигнутый уровень составил 0,74%.

Предпринимались решительные действия: лоббировалось выделение бюджетного финансирования по линии государственной программы вооружений, причем по действующим государственным программам вооружения на долю ВМФ выделяется 4,6 трлн. руб. из 20 трлн. руб. По данным АО «ОСК», консолидированная выручка корпорации возрастает с 50 млрд. руб. в 2007 г. до 341 млрд. руб. в 2016 г. (в 7,41 раза).

Этот ход позволил не только улучшить финансовые показатели, но и добиться реального «всплеска» объема продукции в 2012–2013 гг. с 180 до 330 тыс. cgt/ecgt в год. Был серьезно пополнен портфель заказов, заложены корабли со сроками сдачи до 2020 г.

Судостроение вступило в *четвертый этап*, который можно назвать «из рынка в отрасль». Характерно, что основной этапом является Стратегия–2020, хотя доля государственного заказа в выручке отрасли достигла уже 91%, а в компенсированном тоннаже – 35–40%.

К сожалению, золотые годы российского судостроения позади. Государственная программа вооружений до 2025 г. предусматривает сокращение бюджетных ассигнований на финансирование перевооружения военно-морского флота с 4,7 до 2,6 трлн. руб. (в 1,8 раза). Высвобожденные средства направляются на нужды сухопутных войск и ВДВ. Это обусловлено не только изменением стратегических приоритетов, но и тем, что на фоне благополучных отчетов о выполнении Стратегии–2020 реальность выглядит не столь уж оптимистично: из восьми обещанных подводных лодок пр. 855 к 2020 г. будут сданы в лучшем случае пять, а скорее всего, три. Это говорит о том, что реальная конкуренция имеет место уже не столько на мировом рынке, сколько за государственные заказы, доля которых в компенсированном тоннаже уже составляет 85%. Не следует, однако, сводить стратегическое управление выживанием отрасли в новых условиях только к тиражированию чисто имитационных документов либо даже обеспечением загрузки предприятий за счет охвата государственными программами гражданской продукции.

В наступающем периоде жизни отрасли стратегия – это управление развитием, а не прогнозирование объемов производства в тех или иных единицах; это направление эволюции отрасли за пределами наличного конкретного портфеля заказов. Для начала необ-

ходимо уточнить понятийный аппарат. Важнейшей задачей подготовки теоретико-методологической основы для разработки и реализации отраслевых стратегических документов следующего поколения (которым, вероятно, предстоит действовать в период 2020 – 2035 гг.) целесообразно считать формирование адекватного проблемам нового периода понятийного аппарата. Начать следовало бы с уточнения и кодификации базовых категорий. Развитие – это направленное изменение какого-либо органического целого (социально-экономической системы), в процессе которого развёртываются его внутренние возможности, протекает во времени и последовательности стадий как переход от одного состояния к другому. Восходящая линия развития – прогресс, нисходящая – регресс. Исходя из данного определения, следует избегать лишнего смысла словосочетаний «устойчивое развитие», избыточных в документах первого поколения. Процесс развития заключается в выводе системой из устойчивого стабильного состояния и переходе к новому. Этот термин, к сожалению, всего лишь продукт неграмотного перевода выражения *sustained development*. *Sustained* означает поддерживаемый, подкрепляемый, даже подталкиваемый, т. е. характеризует нужный характер управления развитием выбранного объекта. Субъектом такой поддержки является управляющий орган. Необходимо также четко определить, что же является объектом развития. Таковым следует считать потенциал отрасли, т. е. те самые ее внутренние возможности удовлетворения потребностей общества в судах и кораблях всех значений. Для судостроения результатом использования потенциала являются поставляемые потребителям суда и корабли, при этом их суммарный объем предпочтительно выразить в сопоставимом условно-натуральном измерителе – компенсированном тоннаже. Следовательно, потенциал отрасли оценивать лучше всего в этом же измерителе.

Общественные потребности, которые предстоит удовлетворить судостроительной промышленности в 2035 г., приблизительно оцениваются как годовая сдача 600–700 тыс. cgt/ecgt. Приходится оперировать приближенной оценкой до тех пор, пока не будут доступны точные тексты государственной программы вооружений, программы развития Арктики, находящиеся в процессе утверждения. Нужно сравнить величину потребности с потенциальными возможностями отрасли, начав с ключевой составляющей – трудовых ресурсов. Численность промышлен-

Резервы снижения трудоемкости

Направление/инструмент/ повышения производительности труда в судостроении	Резервы снижения трудоемкости, млн. чел./ч		
	прогнозные	извлекаемые	подготовлен- ные к исполь- зованию
Управление на высшем государственном и отраслевом уровнях	5–7	1–2	–
Отраслевое управление на корпоративном уровне	3–5	4–5	–
Организация производственного процесса	8–9	6–7	2
Внутренний экономический механизм	5–6	3–4	–
Управление персоналом – подготовка, квалификация, стабильность, мотивация	10–12	7–8	2
Нормативная база и методы планирования	13–15	6–7	1
Обратная связь, учет, анализ, мониторинг и контроллинг	12–15	5–6	1
Искусственный интеллект	20–25	–	–
Технология	4–5	3–4	3
Оборудование и инструмент	2–3	2–3	2
Конструкция судов и кораблей	1–2	1	1
Итого	80–85	40–45	10–15

ленно-производственного персонала отечественных верфей составляет в настоящее время 105–110 тыс. человек, в том числе основных производственных рабочих 42–44 тыс. чел., что соответствует располагаемому для нового судостроения фонду рабочего времени 38–45 млн. чел.-ч. При современном уровне производительности – 140 чел.-ч на компенсированную тонну для удовлетворения потребности 2035 г. потребуется 103–108 млн. чел.-ч, а значит, увеличение трудового потенциала в 2,4–2,7 раза как за счет экстенсивного, так и за счет интенсивного подхода, а в реальности – их сочетанием.

Необходимость и возможность экстенсивного расширения определяются следующими факторами:

- безусловной необходимостью обеспечения рабочей силой вновь вводимых и возрождаемых мощностей крупнотоннажного судостроения – 7–8 тыс. чел. основных производственных рабочих, 12–14 млн. чел.-ч;
- возможностью повышения «отраслевого коэффициента» номенклатуры действующих предприятий с 0,6 до 0,7, что даст дополнительно до 7 млн. чел.-ч для программы нового судостроения;
- заполнением действующих рабочих мест на недогруженных верфях (этот способ актуален для размещения заказов на вспомогательные обслуживающие суда и корабли, суда для внутренних водных путей и т. д.). Оцениваемый рост трудового потенциала 3–5 млн. чел.-ч;
- аутсорсингом как в виде развития межзаводской кооперации, так и в виде усиления роли контрагентов в выполнении монтажно-доставочных работ – 3–5 млн. чел.-ч.

Таким образом, экстенсивным методом можно достичь увеличения трудовых ресурсов на 27–30 млн. чел.-ч, или в 1,7 раза по отношению к текущему уровню. Однако даже в случае полного успеха по экстенсивному направлению удовлетворить ожидаемую потребность в судостроительной продукции удалось бы всего на 61–65%. Поэтому основное внимание в стратегии должно быть уделено интенсивному пути развития трудового потенциала, т. е. росту производительности труда в 1,6–1,7 раза или, что то же самое, снижению трудоемкости продукции на 40–45 млн. чел.-ч.

Процессу интенсификации должна предшествовать оценка резервов, могущих быть реализованными для развития качества трудового ресурса.

Применительно к производительности труда прогнозным резервом в судостроении уместно считать уро-

вень, достигнутый на передовых верфях мира, т. е. 30–40 чел.-ч на тонну водоизмещения порожнем, а извлекаемым – уровень, эпизодически достигнутый передовыми отечественными верфями. Дать достоверную оценку структуры резервов производительности труда, их извлекаемости и, главное, наличие потребного инструментария удастся лишь по завершении формирования информационной базы, т. е. не ранее 2030 г. До того предлагается принять за основу экспертную оценку (табл. 1).

За счет экстенсивного подхода необходимо увеличить производительность труда в 1,6–1,7 раза, т. е. 3,5–3,6% в год. Такой темп роста производительности не достигался в мировом судостроении никем и никогда. Предстоит снизить трудоёмкость годовой программы отрасли на 40–45 млн. чел.-ч. Причем возможности традиционных средств технологии, оборудования, инструмента составляют 7–8 млн. чел.-ч; остальное можно получить только за счет организации управления, к чему отрасль в настоящее время не готова [3]. Производственные мощности, напротив, избыточны, причем диспропорция существенно возрастает. Численность работников НИИ и КБ в 23–26 тыс. человек также избыточна, в то время как этот потен-

циал абсолютно не используется для обеспечения роста производительности. На преодоление сложившихся диспропорций и должна ориентироваться новая стратегия.

Можно выделить два направления такого рывка:

- получение массы конечной продукция от существующего потенциала;
- перераспределение ресурса в пользу опережающего развития потенциала ключевых отраслей.

Соотношение оперативной и стратегической потребностей определяет структуру системы управления. Для их сочетания подходит сетевая структура, в которой хорошо локализируются подсистемы управления авансированными (трудовыми, интеллектуальными, мощностями) и транзитными (финансовыми) ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 16.05.2003.
2. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу. Утв. Приказом Минпромэнерго РФ от 6.09.2007 №354.
3. *Волостных В. В., Иванкович А. В.* Аналитический обзор механизмов управления судостроением // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – № 2 (36). – Т. 1. ■

Благодаря автоматизированной гибкой производственной системе Fastems, машиностроительное предприятие «Norbert Kempf CNC-Technik» оптимизировало свое производство и устранило источники ошибок.



Компания «Norbert Kempf CNC-Technik», расположенная в г. Санкт-Ингберт (Германия), насчитывает около 100 сотрудников и производит как простые, так и сверхсложные детали партиями от 1 до 500 единиц, а также прототипы пневматических и гидравлических систем, применяемых в различных отраслях промышленности.

Компания была основана в 1970 г. как обычный токарный цех, но постоянно развивалась и дополняла свои цеха станками с ЧПУ, и к 2000 г. в производстве было задействовано более десяти обрабатывающих центров.

«Однако к этому времени мы пришли к выводу, что традиционное развитие, ориентированное исключительно на приобретение оборудования, имеет свои пределы. Чем больше оборудования мы устанавливали, тем хуже становилась наша производительность. Квалифицированный персонал был дефицитом, а организация рабочей среды и вспомогательные процессы требовали от нас слишком многих усилий. Процессы были просто нестабильными. В результате ошибок становилось больше, и для их устранения требовалось все больше времени, нервов, а также расходов», – вспоминает директор Штефан Кемпф.

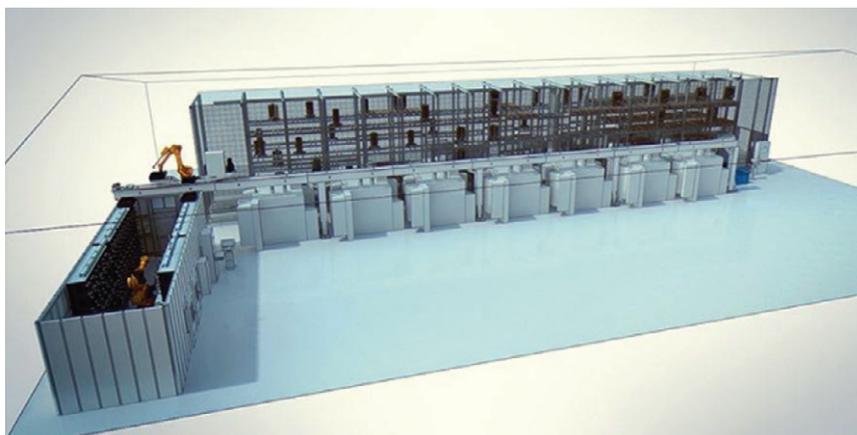
Вопрос звучал так: каким образом можно выполнять задачи без ошибок и желательно параллельно с другими процессами? Ответ: применяя очень высокую долю автоматизации. Однако, сначала необходимо было подготовить основные бизнес-процессы.



Гибкая производственная система Fastems

УМНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СНИЖАЕТ ВРЕМЕННЫЕ ЗАТРАТЫ НА ПЕРЕНАЛАДКУ

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



Гибкая производственная система Fastems MLS

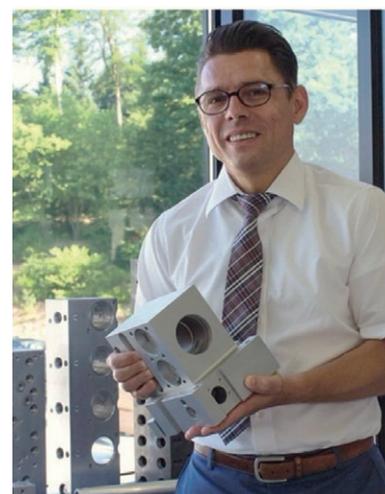
«Сначала мы приобрели систему управления данными по инструментам и посвятили много времени развитию непрерывного управления их сменой. Кроме того, у нас появилась возможность наладить собственное производство станочных паллет и приспособлений для крепления деталей», – объясняет Штефан Кемпф.

ИНСТРУМЕНТ КАК ФАКТОР ОГРАНИЧЕНИЯ

Только после этого компания была готова к установке гибкой производственной системы (ГПС) компании «Fastems».

«В 2003 г. имеющийся у нас станок был подключен к многоуровневой системе Fastems MLS емкостью 12 станочных паллет. К 2011 г. система постепенно увеличилась до максимального уровня расширения и уже насчитывала четыре станции загрузки-выгрузки и 96 станочных паллет на трех уровнях. В дополнение к существующему станку к Fastems MLS были подключены еще пять обрабатывающих центров Mori Seiki NH 4000. С самого начала мы следили за тем, чтобы

эти станки имели унифицированные посадочные места под инструмент, причем каждый станок был оснащен большим инструментальным магазином на 180 позиций», – продолжает Штефан Кемпф.



Штефан Кемпф

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СКЛАД НА 2500 ПОЗИЦИЙ

По этой причине в 2013 г. компания «Norbert Kempf CNC-Technik» инвестировала средства в приобретение еще одной гибкой производственной системы Fastems и постройку нового цеха. Система MLS-MD (средней грузоподъемности до 1000 кг на паллету) обеспечивает места в общей сложности для 156 паллет (поровну для станочных и материальных паллет), расположенных на четырех уровнях. Система, в которую интегрированы семь обрабатывающих центров, имеет четыре станции загрузки-выгрузки для станочных и материальных паллет.



Центральный инструментальный склад «Fastems CTS»

Отличительной особенностью системы является сочетание центрального склада CTS, в котором можно хранить 2500 позиций инструментов и использовать робот для транспортировки и замены инструментов в станках. Поскольку каждый станок также оснащен своим собственным магазином инструментов, в целом может быть обеспечен доступ к 3200 инструментам. Причем доступ к ним имеет каждый станок, поскольку порталная система с роботом транспортирует инструменты из центрального хранилища к соответствующему обрабатывающему центру (ОЦ) по мере необходимости. Для уникальной идентификации инструмента роботом каждый отдельный представленный инструмент оснащен чипом радиочастотной идентификации (RFID).

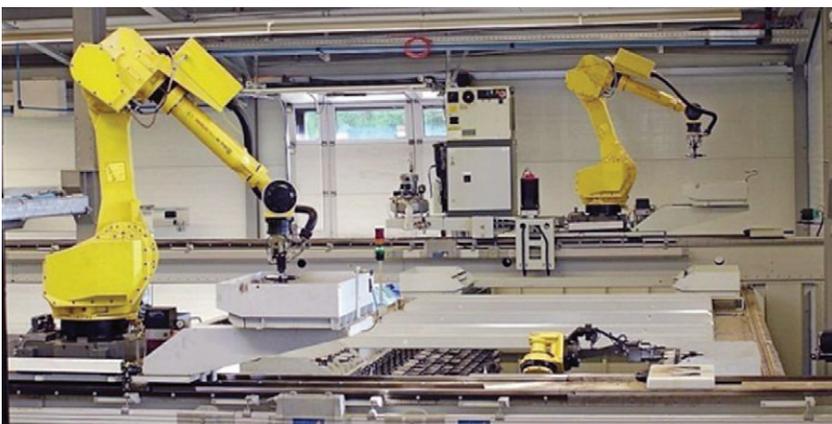
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАНИРУЕТ ПРОИЗВОДСТВО

Умное программное обеспечение для управления производством (MMS), берет на себя весь процесс планирования и управления производством в ГПС. Сюда также относится роботизированная транспортировка инструмента к станкам из центрального хранилища. Однако программное обеспечение не только управляет логистикой и планирует очередность паллет в системе, но и управляет

всеми программами ЧПУ и данными инструментов. Перед каждым запуском производства система MMS также выполняет проверку ресурсов, в частности, имеется ли нужные заготовки и обладают ли инструменты, требуемые для выполнения конкретного заказа, необходимым ресурсом.

Если ресурс какого-либо инструмента недостаточен для выполнения обработки, то участок предварительной настройки инструментов автоматически получит сообщение от «Fastems MMS» о необходимости замены инструмента.

Одним из решающих соображений еще до ввода в эксплуатацию ГПС было то, что чрезвычайно важными для производства являются прежде всего подготовительные работы по безопасному производственному процессу. «По каждой новой детали или по каждому изменению детали мы инициируем задание на планирование процесса. Начиная с анализа возможных причин и последствий отказов, плана управления производством и заканчивая проектированием инструмента и ЧПУ-программированием, мы продумываем наперед каждый отдельный этап, при этом надежность технологического процесса, всегда занимает центральное место», – продолжает Штефан Кемпф.



Портальный робот обслуживает станок по замене инструмента

ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПЕРЕНАЛАДКА

Теперь, благодаря гибкой производственной системе, компания может выполнять любой заказ на обработку на любом станке и, таким образом, полностью автоматизировать операции по переналадке.

Фактически время на переналадку составляет ноль минут, а это означает, что клиенты могут всегда приобрести любую деталь по одинаковой цене, будь то заказ на 10 или 100 единиц.

Впечатляющие цифры говорят сами за себя: ежедневно система выполняет примерно 1000 процессов по транспортировке инструмента и 500 процессов по транспортировке паллет. Средняя загрузка станка составляет от 95 до 98%.



Рабочее место оператора

«Несмотря на высокий уровень автоматизации, с момента установки ГПС мы не отказались ни от одного сотрудника и с тем же персоналом, начиная с 2014 г., добились роста производительности в среднем на 15 процентов в год. Польза от гибкости, которую мы достигаем благодаря возможностям ГПС обрабатывать любую деталь на любом станке, настолько высока, что мы хотим и далее продвигать этот подход», – сообщает Штефан Кемпф.

В настоящее время ведется строительство нового производственного цеха. Там будет установлена третья гибкая производственная система Fastems. К ней должны быть подключены семь горизонтальных ОЦ. Портальный робот получит доступ к центральному инструментальному хранилищу второй ГПС и новой системы. Планируется использовать новый порталный инструментальный склад GTS производства компании «Fastems», чтобы выиграть больше свободного пространства на производственной площади.

Робот этой системы будет выполнять две задачи: одновременно с обслуживанием станков он возьмет на себя транспортировку инструмента между третьим цехом и новым зданием. ■

В рамках государственной программы вооружений до 2025 г. в интересах ВМФ планируется выполнение ремонта и модернизации ряда кораблей и судов.

Одним из важных элементов системы обеспечения автономности кораблей и судов являются холодильные системы провизионных камер, предназначенных для хранения запаса пищевых продуктов на весь срок автономности.

Моторесурс холодильной установки до среднего ремонта составляет в среднем 40–50 тыс. ч, до капитального ремонта – 120–150 тыс. ч. Даже при наличии резервирования технических средств оборудование вырабатывает ресурс, т. е. требуется полная агрегатная замена. Отсутствие комплектующих изделий, снятие с производства агрегатов, нарушение технических регламентов обслуживания технических средств – все эти факторы приводят к их выходу из строя и длительному ремонту. Требуется замена агрегатов на аналоги российского производства.

В РФ отсутствуют аналоги холодильного оборудования, полностью удовлетворяющие требованиям ВМФ, что вынуждает использовать комплектующие иностранного производства. В таких условиях основной задачей специалистов соответствующего подразделения АО «51 ЦКТИС» в процессе ремонта и модернизации одного из надводных кораблей польской постройки стала разработка документации для замены холодильной системы провизионных камер и проекта унифицированной холодильной установки, пригодной для большинства надводных кораблей и вспомогательных судов ВМФ.

Основным рабочим телом холодильных систем является хладон. С начала его использования прошло более 60 лет, и многие регламентирующие документы ужесточили требования. В соответствии с Монреальским протоколом, подписанным СССР в 1987 г., строящиеся корабли и суда ВМФ с 1989 г. должны были перейти с хладона-12 на хладон-22, а по Киотскому протоколу – с хладона-22 на хладон-134а или другие неразрушающие хладоны. С 2013 г. запрещен ввоз хладона-22 и работающего на нем оборудования в Россию и на территорию Таможенного союза. В связи с действующим на территории РФ указанным протоколом восстановить систему холодильных машин на хладоне-12 невозможно. Поэтому в качестве рабочего тела выбран разрешенный к применению озонобезопасный хладон-134а, имеющий температуру кипения –26,3 °С (у хладона-12 –29,8 °С).

Особенностью судовых холодильных систем является их компактность, ремонтпригодность и использование для охлаждения забортной воды. Комп-

РАЗРАБОТКА СУДОВОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

*П.А. Копров, вед. инженер-конструктор АО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 423 1600, 315 4945*

рессорно-конденсаторные агрегаты располагают на нижних палубах, чаще всего на настиле второго дна. Во избежание выполнения технологических вырезов холодильная установка должна проходить в дверные проемы или иметь разборную конструкцию.

В соответствии с ОСТ В5.5565–86 проведен расчет теплопритоков на режиме хранения и термообработки. В табл. 1 приведены характеристики провизионных камер. Для корабля неограниченного района плавания принимались максимально допустимые входные данные: температура окружающего воздуха +50 °С, температура воды +35 °С.

Для боевого корабля необходимо резервирование оборудования, поэтому компрессорно-конденсаторный агрегат должен содержать два компрессора производительностью 7,58 кВт и один 7,22 кВт.

Для защиты компрессоров от загрязнений предназначены газовые фильтры, которые крепятся на трубопроводах всасывающей линии компрессоров.

Компрессоры нагнетают газообразный хладон через сепараторы масла в конденсаторы. Сепараторы масла жестко крепятся к раме и соединены с линией нагнетания компрессоров. Масло после сепарирования под действием разности давлений возвращается в кар-

Таблица 1

Характеристики провизионных камер корабля

Камера	Температурный режим, °С	Теплопритоки, Вт	
		на режиме хранения	на режиме термообработки
Мороженных продуктов	–18	5170,9	5170,9
Мяса и рыбы	–8	1397,3	2033,7
Мокрой провизии	2	2293,5	4134,4
Сухой провизии	10	770	1253,7

Исходя из расчета, что две камеры работают на температуру ниже нуля, а две камеры – на температуру выше нуля, решено использовать два компрессора Bitzer различной производительности: 7,22 кВт (при $T_{исп} = -10$ °С, $T_{конд} = 40$ °С) и 7,58 кВт (при $T_{исп} = -25$ °С, $T_{конд} = 40$ °С).

С целью возможности регулирования производительности с помощью частотных преобразователей выбраны компрессоры серии VARISPEED.

Ручная система компенсации уровня масла обеспечивает возможность возврата масла в каждый компрессор.

Общий вид компрессорно-конденсаторного агрегата холодильной установки приведен на рис. 1.

Для обеспечения работы компрессоров выбраны конденсаторы водяного типа Bitzer (3 шт.), охлаждаемые морской водой. Они жестко крепятся к раме и укомплектованы

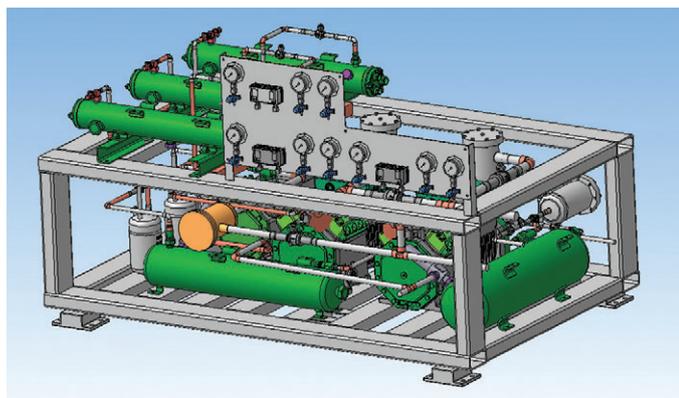


Рис. 1. Общий вид компрессорно-конденсаторного агрегата холодильной установки

предохранительными клапанами и смотровыми стеклами для контроля уровня хладагента.

Поскольку машинное отделение холодильной установки находится на уровне ватерлинии, для обеспечения конденсаторов забортной водой необходимо установить два самовсасывающих насоса, один резервный. В случае выхода из строя обоих насосов охлаждения предусмотрено использование забортной воды из системы гидрофоров забортной воды.

Для корректной работы системы на трубопроводах забортной воды установлены датчики давления, срабатывающие при отклонении давления в трубопроводе забортной воды от установленного значения. Для поддержания постоянного давления конденсации хладагента посредством управления расходом охлаждающей забортной воды в системе установлены регуляторы расхода охлаждающей воды.

После охлаждения газа до точки росы жидкий хладон из конденсатора поступает в ресиверы. Ресиверы для накопления жидкого хладона укомплектованы запорными и предохранительными клапанами, а также сигнализатором минимального уровня жидкости. Из ресиверов жидкий хладон поступает в арматурные панели через фильтры-осушители, которые крепятся на трубопроводах после ресивера. Фильтры имеют сменные картриджи и обводные трубопроводы для обслуживания, оснащены сервисным клапаном для заправки хладагента, а также смотровым стеклом – индикатором влажности и двумя запорными клапанами.

Для отображения работы компрессорно-конденсаторного агрегата и управления его работой на лицевой части рамы на специальном стенде на высоте, удобной для наблюдения, закреплена панель измерительных приборов.

Для управления доступом хладона в каждую камеру перед входом в них смонтированы арматурные панели. Для удобства обслуживания каждая панель установлена в тамбурах непосредственно перед входом в камеры.

Общий вид арматурной панели представлен на рис. 2.

Из арматурной панели жидкий фреон поступает в камеры в соответствующий воздухоохладитель (ВО).

Для обеспечения охлаждения поставленной провизии необходимы ВО производительностью минимум на 10% больше, чем теплопритоки на режиме термообработки. Выбраны ВО Garcia Sama (3 шт.) и ЕСО (3 шт.).

ВО потолочного типа состоят из теплообменника и одного осевого вен-

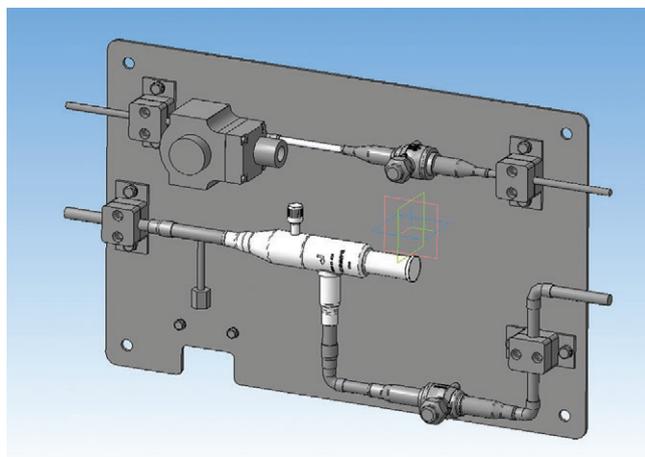


Рис. 2. Общий вид арматурной панели

тилятора, смонтированных в корпусе из листового металла. Выполнены с горизонтальным потоком воздуха, имеют поддоны для сбора конденсата и патрубки для подсоединения дренажных трубопроводов.

В теплообменниках всех камер, кроме камеры сухой провизии, предусмотрена установка гладкотрубных ТЭНов для оттайки. Также в камерах с отрицательными температурами предусмотрена установка греющего кабеля в дренажном трубопроводе.

В составе каждого ВО установлен терморегулирующий вентиль с клапанным узлом.

Из ВО газообразный хладон поступает в компрессорно-конденсаторный агрегат через арматурную панель и газовые фильтры.

Для каждой камеры предусмотрены датчик температуры для дистанционной индикации температуры в камере и термореле поддержания температуры в камере и управления режимом оттайки.

Для управления работой холодильной установки в машинном отделении имеется щит управления, который крепится к переборке на четырех амортизаторах.

Щит управления обеспечивает:

- включение/отключение электропитания;
- переключение компрессора (основной/резервный);
- автоматический стояночный подогрев масла в компрессоре;
- индикацию текущих параметров работы агрегата и охладителей;
- индикацию температуры в камерах;
- блокировку по расходу охлаждающей воды;
- защиту электродвигателей от перегрузки;
- защиту компрессора по давлению масла;
- тепловую и токовую защиту двигателя компрессора;

- задержку повторного включения компрессора в течение 5 мин.;
- блокировку включения агрегата после срабатывания
- регулирование производительности холодильной установки при помощи преобразователя частоты.

В результате разработана холодильная установка и системы для обеспечения ее функционирования. Установка предназначена для обеспечения и поддержания в провизионных камерах температурных режимов для хранения продуктов независимо от районов плавания.

Работоспособность установки обеспечивается в условиях качки корабля с амплитудой $\pm 45^\circ$ и периодом 7–9 с; при длительном крене $\pm 15^\circ$ и дифференте до $\pm 10^\circ$; при кратковременном крене $\pm 30^\circ$ продолжительностью 3 мин.; при длительном пребывании в нерабочем состоянии при температуре окружающего воздуха от 5 до 60°C и относительной влажности 98% при температуре воздуха 35°C .

Унифицированная конструкция установки позволяет модернизировать холодильные системы провизионных камер надводных кораблей и судов ВМФ вне зависимости от проекта.

Модульная система проектирования позволяет без больших трудозатрат производить сервис, ремонт и модернизацию холодильной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санитарные правила для морских судов СССР. – М.: В/О МОРТЕХИНФОРМ-РЕКЛАМА, 1984. 188 с.
3. ОСТ В5.5565–86. Установки холодильные продовольственных кладовых надводных кораблей. Правила и нормы. – М.: 1987, 120 с.
3. Копров П. А. Импортзамещение для кораблей ВМФ РФ иностранной постройки. – Тр. Международ. конфер. по судостроению и океанотехнике, СПб., 2016, с. 344–346. ■

Под автоматической системой технического учета электроэнергии (АСТУЭ) следует понимать совокупность программно-аппаратных технических средств, выполняющих функции контроля и учета расхода электроэнергии различными потребителями морского объекта.

Идея создания расширенной АСТУЭ морского объекта возникла на основе положительного опыта внедрения аналогичных систем на объектах промышленности, которые в свою очередь создавались и создаются на волне тренда повышения энергетической эффективности и энергосбережения.

Серьезным стимулом развития средств повышения энергетической эффективности и энергосбережения в России стал Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...».

Возможности АСТУЭ морского объекта:

- повышение экономичности и надежности работы электроустановок;
- снижение общего объема потребления электроэнергии на объекте за счет оперативного выявления потребителей электроэнергии, которые отклоняются от норм потребления в большую сторону;
- оценка технического состояния потребителей электроэнергии, а также связанных с ними механизмов;
- обеспечение оперативности, точности, полноты и достоверности получаемой информации о контролируемых параметрах потребления электроэнергии;
- формирование энергетического баланса как на объекте в целом, так и по его отдельным структурным единицам;
- автоматизация ведения отчетной документации;
- повышение эффективности труда оперативного и технического персонала.

АСТУЭ целесообразно внедрять на следующие морские объекты:

- нефтедобывающие платформы;
- объекты грузового коммерческого флота (танкеры, контейнеровозы, газовозы, химовозы и пр.);
- круизные лайнеры и пассажирские суда;
- ледоколы;
- корабли военно-морского флота.

АСТУЭ может не только разрабатываться на стадии проектирования морского объекта, но и быть интегрирована в уже существующий морской объект путем модернизации.

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МОРСКОГО ОБЪЕКТА

*А.А. Неёлов, начальник сектора гл. специалистов,
А.С. Ткачев, инженер,
АО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 740 5052*

Безусловно, наиболее оправданно оснащение АСТУЭ нефтедобывающих платформ, так как они представляют собой комплексный промышленный объект, на котором имеется большое количество ресурсоемких потребителей электроэнергии и механизмов. Средствами АСТУЭ в полной мере будут реализованы принципы энергетической эффективности и энергосбережения. Это, в свою очередь, может снизить себестоимость добычи природных ресурсов.

На остальных перечисленных морских объектах, за исключением кораблей ВМФ, также можно достичь снижения себестоимости предоставляемых услуг за счет АСТУЭ.

Однако хочется подчеркнуть не меньшую важность АСТУЭ и для кораблей ВМФ. Разумеется, энергосбережение и энергетическая эффективность имеют малую значимость в сфере обороноспособности страны. Но АСТУЭ способна в значительной мере повысить степень боеготовности корабля как боевой единицы флота.

Представим, что условный корабль «Адмирал Иванов» оснащен АСТУЭ, которая находится в ведении командира БЧ-5, доступ к которой имеет оперативный дежурный поста энергетики и живучести. В течение года корабль многократно выходит в море на боевые учения, отработку мероприятий боевой подготовки, боевое дежурство, переходы в ремонтные заводы и прочее. И в процессе службы постоянно и автоматически фиксируется энергопотребление отдельно взятых механизмов:

- вооружения;
- средств борьбы за живучесть;
- радиотехнических средств;
- средств связи и навигации;
- средств жизнеобеспечения;
- прочие технические средства корабля.

При этом дежурный имеет доступ к АСТУЭ, ее отчетам и графикам, тем самым наряду с ежедневными осмотрами и проверками технических средств корабля личным составом АСТУЭ позволяет дежурному поста энергетики и

живучести дополнительно контролировать и своевременно выявлять определенный ряд неисправностей технических средств с последующим принятием мер по их устранению. При этом АСТУЭ способна заблаговременно обнаружить неисправности, которые выявить штатными процедурами осмотра и проверки далеко не всегда возможно.

Например, система позволяет оценивать удельный расход топлива электрического генератора корабля (дизельного, газотурбинного). В течение первых лет эксплуатации удельный расход топлива в зависимости от режима был сопоставим с паспортными данными генератора, но со временем стал увеличиваться. Оперативный дежурный отмечает тренд повышения расхода топлива для конкретных режимов эксплуатации, о чем докладывает командиру БЧ-5. А далее личный состав принимает меры по устранению неисправности (например, замена датчиков, фильтров и пр.), либо планируются соответствующие, к слову сказать своевременные, ремонтные работы.

Таким образом, можно заключить, что АСТУЭ будет дополнительным средством поддержания на должном уровне боевой готовности корабля, наравне с традиционными средствами, методами и мероприятиями. Основным барьером на пути внедрения систем АСТУЭ на объектах ВМФ является отсутствие возможности ее реализации полностью из отечественных комплектующих. Однако диалог с предприятиями, участвующими в гособоронзаказе, должен быть, и, возможно, разработка АСТУЭ будет локомотивом развития отечественных производителей электроники.

Рассмотрим техническую сторону вопроса.

АСТУЭ включает:

- средства измерения с возможностью цифровой передачи данных;
- контроллер предварительной обработки данных;
- программное обеспечение технического учета электроэнергии;

- автоматизированные рабочие места (АРМ), включающие в себя контроллер хранения и вывода информации, устройство вывода информации (дисплей), устройства ввода (клавиатура, мышь);
- средства коммуникации между элементами системы;
- GSM-модем (опционально).

В качестве средств измерения могут использоваться:

- индивидуальные счетчики электроэнергии, устанавливаемые на отдельный потребитель (или источник) электроэнергии;
- блоки контроля мощности, рассчитанные на централизованный контроль потребления электроэнергии большим количеством потребителей, по каждому отдельно, устанавливаются в распределительных щитах;
- устройства защиты и управления нагрузкой, обладающие функцией контроля мощности и способные передавать данную информацию по цифровой связи, например устройства управления электродвигателем.

Все устройства измерения объединяются в единую коммуникационную сеть, и информация от каждого потребителя и/или источника электроэнергии поступает на контроллер предварительной обработки данных. Это может быть отдельный контроллер АСТУЭ, либо выполнение указанных функций может возлагаться на контроллеры других корабельных систем, например АСУ ТП или системы технической диагностики.

Контроллер обрабатывает постоянно поступающие учетные данные. Например, некоторые средства измерения не ведут учет электроэнергии, но способны измерять мощность. Поэтому функция расчета потребляемой электроэнергии по данному потребителю возлагается на контроллер. Таких средств измерений может быть большинство, а дополнительные расчеты

значительно загружают контроллер. И если обработка информации сразу возлагается на контроллер АРМ, то существует серьезный риск, что контроллер не справится с задачей.

Таким образом, контроллер предварительной обработки данных ведет расчеты и преобразование данных, после чего передает по средствам связи в контроллер АРМ уже готовый компактный, но при этом информативный массив данных.

Контроллер АРМ, в свою очередь, ведет учет электроэнергии, архивирует информацию и отвечает за взаимодействие с оператором. На дисплее могут отображаться мнемосхемы электроэнергетической системы корабля с визуализацией потребляемой мощности по потребителям в реальном времени.

Оператор может запросить отчет о потреблении электроэнергии за конкретный промежуток времени. Можно строить графики потребления как каждым потребителем отдельно, так и объектом в целом за любой промежуток времени. Организуется длительное хранение информации.

Программное обеспечение АСТУЭ – это программы, разработанные специально для конкретного объекта. Их носителем являются контроллеры, с помощью которых ведутся все расчеты, хранение информации, взаимодействие элементов АСТУЭ. Программное обеспечение фактически является ядром АСТУЭ.

При необходимости систему может дополнить GSM-модем для глобальной диспетчеризации объектов единого подчинения или для удаленного технического учета.

АСТУЭ обладает высокой гибкостью и способностью к расширению, например, в случае модернизации электроэнергетической системы морского объекта. Для этого при проектировании АСТУЭ заведомо закладываются резервные каналы связи и вычислительные мощности.

ВЫВОДЫ

1. Интеграция АСТУЭ на морских объектах является молодым направлением в сфере энергоучета и на сегодняшний день далеко не все морские объекты могут похвастаться наличием АСТУЭ на борту.

2. Основной задачей АСТУЭ является энергосбережение и энергетическая эффективность, за счет чего достигается снижение себестоимости предоставляемых услуг или добываемых природных ресурсов.

3. АСТУЭ на объектах ВМФ способна стать дополнительным фактором обеспечения высокого уровня боевой готовности кораблей, однако на пути внедрения АСТУЭ существуют преграды, преодолеть которые сложно, но все же возможно.

4. Интеграция АСТУЭ возможна на уже существующий морской объект. При проектировании морских объектов предлагается разрабатывать АСТУЭ в обязательном порядке. АО «Новая ЭРА» видит большой технический и экономический потенциал внедрения систем учета электроэнергии на морских объектах. Наша компания готова к тесному сотрудничеству, совместному развитию и совершенствованию научных и практических наработок в сфере энергоучета на морских объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
2. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. РД 34.09.101-94 с изменением № 1. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
3. Правила устройства электроустановок. Глава 1.5. Учет электроэнергии / Минэнерго РФ. – 6-е изд., доп. с исправлениями. – М.: ЗАО «Энергосервис». – 2006.
4. Тубиш В.В. Структурные преобразования в энергетике России и проблемы совершенствования учета электроэнергии // Электро. – 2003. – № 1. ■

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА С КУЛИСНЫМ МЕХАНИЗМОМ

*С.М. Дудин, канд. техн. наук, науч. руководитель, доцент, проф. БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
А.Ю. Мазуренко, инженер-конструктор 3-й категории АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 495 7743, 242 1531*

Расположенное вне прочного корпуса подводной лодки (ПЛ) оборудование должно проектироваться с таким расчетом, чтобы оно могло работать в условиях воздействия на него большого давления и агрессивной морской воды. К надежности такого оборудования при проектировании предъявляются повышенные требования. Выполнить их можно только, если известны действующие внешние нагрузки, а также собственные инерционные силы и их неблагоприятное сочетание.

На ПЛ, помимо прочего, расположены шахты с контейнерами, предназначенными для размещения в них специзделий. При этом используется в основном традиционная схема открывания крышки контейнера, когда она устанавливается в положение, близкое к вертикальному. При запуске специзделия на крышку воздействуют высокотемпературные газовые потоки, которые вызывают ударное нагружение ее металлоконструкции и элементов привода открывания. При том что, согласно статистическим данным [2], касающимся нарушения работоспособности объектов, отмечено большое число примеров разрушительного действия однократных ударов.

В связи с этим альтернативой традиционной схеме открывания крышки контейнера может быть схема, при которой крышка уводится в сторону от горловины контейнера и, тем самым, не допускается воздействие на нее газового потока. Для открывания крышки по альтернативной схеме используется привод с кулисой. Усилие, необходимое для приведения в действие привода, обеспечивает гидроцилиндр.

В целом механизмы, которые могут быть приведены к кинематической схеме кулисного механизма, имеют широкое распространение на современных технических объектах, достаточно хорошо отработаны и могут при необходимости заменить традиционную схему открывания крышки контейнера.

У специалистов АО «СПМБМ «Малахит» накоплен значительный опыт проверки работоспособности привода открывания крышки. Она может быть выполнена по рассчитанным коэффициентам запаса, по развиваемому гидроцилиндром усилию, по действующим максимальным напряжениям в деталях механизма привода.

Обеспечить надежность того или иного технического объекта можно путем исследования процессов, воздействующих на элементы этого объекта. При решении задач, связанных с определением закона движения механизмов под действием тех или иных сил, исходят из того, что каждый из рассматриваемых механизмов представляет собой

нагруженную разными силами связанную систему звеньев. Определение закона движения системы звеньев представляет собой достаточно сложную задачу, требующую численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, к которому часто приходится прибегать в процессе проектирования, увеличивая, таким образом, время и затраты на работу. Поэтому для оценочных расчетов вполне оправданно упрощение задачи, заключающееся в рассмотрении уравнения движения механизма с одной степенью свободы и последующего его решения для определения движения одного звена (звена приведения).

В приведенных ниже результатах численного моделирования процесса открывания крышки с помощью кулисного механизма расчет проводился для десяти значений угла открывания крышки контейнера. Учитывались весовые и гидродинамические силы, причем последние считались квазистационарными, т. е. пульсации, возникающие при реальном обтекании водой конструкции, не учитывались.

В общем случае достаточно простой получается математическая модель, например, гидропривода при следующих допущениях: жидкость считается несжимаемой, течение жидкостей в трубопроводах и местных сопротивлениях заменяется одномерным изотермичес-

ким, приведенная масса предполагается постоянной. В качестве примера рассмотрим математическую модель гидравлического механизма подъема, разработанную в Сибирском федеральном университете [3].

Гидравлический механизм подъема (рис. 1) рассматривается как механизм с одной степенью свободы.

Закон движения этого механизма определяется силами, приложенными к его звеньям. Прежде всего это силы тяжести подвижных звеньев и силы давления. При математическом описании гидравлического механизма силами трения пренебрегают. Закон движения модели этого механизма имеет следующий вид:

$$J_{\text{пр.}\Sigma} \cdot \frac{d\omega_n}{dt} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dJ_{\text{пр.}\Sigma}}{d\alpha_n} \cdot \omega_n^2 = M_{\text{пр.}\Sigma}, \quad (1)$$

где $J_{\text{пр.}\Sigma}$ – приведенный момент инерции звеньев гидравлического механизма; α_n – угол поворота начального звена; ω_n – угловая скорость начального звена механизма; $M_{\text{пр.}\Sigma}$ – суммарный приведенный момент внешних сил, приложенных к звеньям гидравлического механизма.

Приведенная математическая модель интересна тем, что содержит приведенный момент инерции, учитывающий инерционные свойства всех звеньев привода, не описывая движение самих этих звеньев. В дальнейшем такой под-

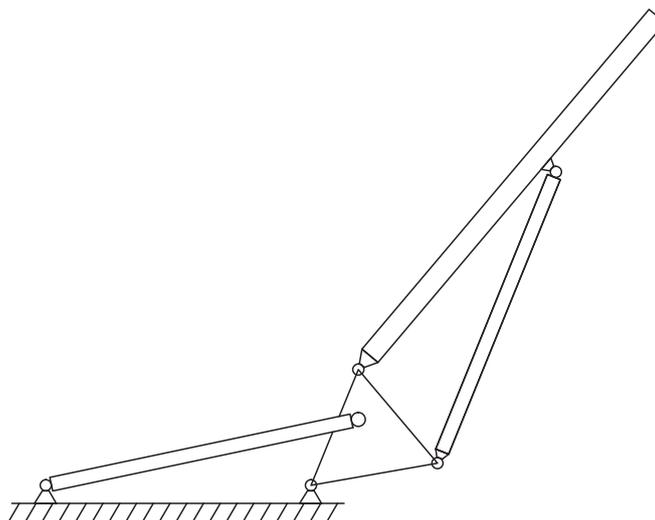


Рис. 1. Расчетная схема

ход был использован для составления математической модели исследуемого привода с кулисой.

Эта модель включает в себя формулы, с помощью которых находятся значения приведенных моментов инерции и моментов инерции звеньев привода. Кроме того, используются зависимости, по которым определяются линейные скорости звеньев механизмов, скорости точек, расположенных посередине звеньев, а также угловые скорости самих звеньев.

При проведении данного исследования принималось, что приведенный момент инерции механизма есть переменный момент инерции воображаемых масс на начальном звене, при которых кинетическая энергия начального звена равна кинетической энергии всего механизма, т. е. приведение проводилось по кинетической энергии. На основе этого уравнение для определения приведенного момента инерции механизма $J_{пр.i}$ (при постоянной угловой скорости 1-го звена) [1] имеет вид

$$J_{пр.i} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(m_i \cdot \frac{V_{Si}^2}{\omega_1^2} + J_{Si} \cdot \frac{\omega_i^2}{\omega_1^2} \right), \quad (2)$$

где J_{Si} – момент инерции i -го звена, кг·м²; m_i – масса i -го звена, кг; V_{Si} – скорость точки S_i (точка расположена посередине i -го звена), м/с; ω_i – угловая скорость i -го звена, с⁻¹.

Приведенные моменты инерции механизмов, входящих в состав привода, вычисляются с целью контроля результатов расчета. При этом рассматриваются десять положений механизмов, входящих в состав привода.

Для каждого из механизмов, входящих в состав привода, представленного на рис. 2, выражение (2) примет вид

$$J_{пр.i} = \left(m_{1,i} \cdot \frac{V_{S_{1,i}}^2}{\omega_{1,i}^2} + J_{S_{1,i}} \cdot \frac{\omega_{1,i}^2}{\omega_{1,i}^2} \right) + \left(m_{2,i} \cdot \frac{V_{S_{2,i}}^2}{\omega_{1,i}^2} + J_{S_{2,i}} \cdot \frac{\omega_{2,i}^2}{\omega_{1,i}^2} \right) + \left(m_{3,i} \cdot \frac{V_{S_{3,i}}^2}{\omega_{1,i}^2} + J_{S_{3,i}} \cdot \frac{\omega_{3,i}^2}{\omega_{1,i}^2} \right). \quad (3)$$

Момент инерции i -го звена, кг·м²,

$$J_{Si} = \frac{m_i \cdot l_i^2}{12}, \quad (4)$$

где l_i – длина i -го звена, м.

Тогда

$$J_{S1} = \frac{m_1 \cdot l_1^2}{12};$$

$$J_{S2} = \frac{m_2 \cdot l_2^2}{12};$$

$$J_{S3} = \frac{m_3 \cdot l_3^2}{12}.$$

Исследуемый привод, кинематическая схема которого приведена на рис. 3,

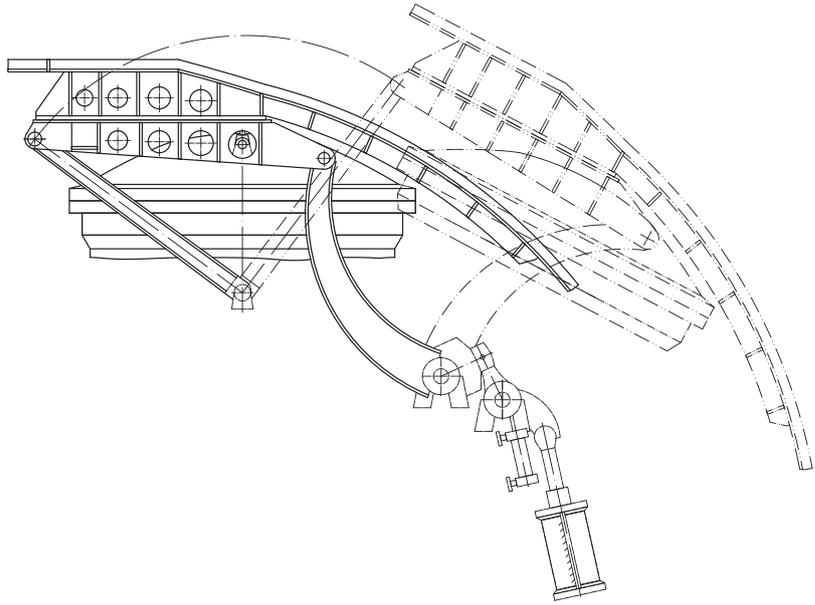


Рис. 2. Привод открывания крышки

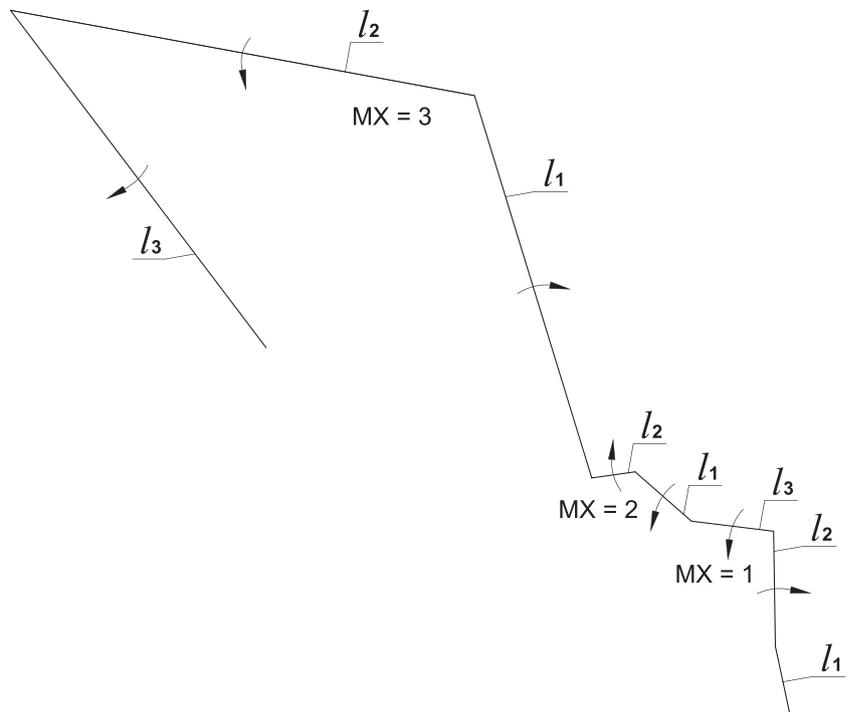


Рис. 3. Кинематическая схема привода

рассматриваем как совокупность трех механизмов (I – индекс звена, N – количество звеньев): первый механизм ($MX = 1$) состоит из трех звеньев ($N = 3$), второй механизм ($MX = 2$) состоит из двух звеньев ($N = 2$), третий механизм ($MX = 3$) состоит из трех звеньев ($N = 3$).

В ходе рассмотрения математической модели привода для определения численных значений приведенного момента инерции для различных положений механизма использованы приведенные ниже формулы.

Линейная скорость звена (в данном случае ω_1 является заданным параметром), м/с:

$$V_1 = \omega_1 \cdot l_1;$$

$$V_2 = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_1 - \alpha_2)}{\sin \alpha_2} \cdot V_1; \quad (5)$$

$$V_3 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cdot V_1,$$

где α_1 – угол поворота звена, град.; α_2 – угол между звеньями, град.

$$V_{S1} = 0;$$

$$V_{S2} = \sqrt{V_1^2 + (V_2/2)^2 - 2 \cdot V_1 \cdot (V_2/2) \cdot \cos \alpha_1};$$

$$V_{S3} = V_3/2. \quad (6)$$

Угловая скорость 2-го и 3-го звеньев, с⁻¹,

$$\omega_2 = \frac{V_2}{l_2}; \quad \omega_3 = \frac{V_3}{l_3}. \quad (7)$$

Были выполнены расчеты по приведенным выше формулам. Эти расчеты

показали, что средние значения приведенных моментов инерции для каждого из трех механизмов, входящих в привод, составили:

$$J_{пр.1} = 16 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{пр.2} = 57 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{пр.3} = 2183 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Для конструкции исследуемого привода характерно то, что третий механизм существенно отличается от первых двух как по массе входящих в его состав звеньев, так и по их длине. Масса 1-го механизма составляет 177 кг, масса 2-го механизма – 85 кг, масса 3-го механизма – 914 кг (почти 1 т). Другими словами, масса 3-го механизма в 3,5 раза превышает суммарную массу 1-го и 2-го механизмов.

Таким образом, закономерно, что приведенный момент инерции 3-го механизма существенно превышает приведенные моменты инерции 1-го и 2-го механизмов. То, что наибольшие величины приведенного момента инерции у 3-го механизма, обусловлено, в первую очередь, тем, что его 2-е звено (рис. 4) имеет массу почти 600 кг (при длине этого звена более 2 м). 2-е звено 3-го механизма изготовлено столь массивным вследствие того, что это звено в наибольшей мере, по сравнению с остальными звеньями, воспринимает нагрузку от крышки контейнера при работе привода.

Величины приведенного момента инерции 1-го механизма при разных его положениях различаются в среднем на 3,7 кг·м², т. е. на 33,5%. Величины приведенного момента инерции 2-го механизма при разных его положениях различаются в среднем на 45,4 кг·м², т. е. на 105%. Величины приведенного момента инерции 3-го механизма, при разных его положениях, различаются в среднем на 173,6 кг·м², т. е. на 7,5%.

Таким образом, 3-й механизм, с одной стороны, воспринимает основную нагрузку от крышки контейнера и имеет наибольшие величины приведенного момента инерции (по сравнению с двумя другими механизмами), а с другой – при разных положениях 3-го механизма величины приведенного момента инерции различаются между собой несущественно (в среднем на 7,5%).

В дополнение к сказанному выше можно отметить, что в 1980-х гг. в стенах тогдашнего Ленинградского кораблестроительного института был выполнен расчет описанного выше привода открывания-закрывания крышки контейнера на ЭВМ по программе расчета плоских рычажных механизмов «PROMEX» в десяти положениях (через 0,054 м

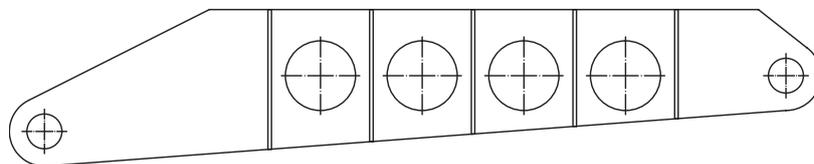


Рис. 4. Наиболее нагруженное звено

движения штока гидроцилиндра). Заказчиком этого расчета выступило упоминавшееся ранее предприятие «Малахит». Расчет показал, что конструкция рассмотренного привода с кулисным механизмом обладает необходимым запасом прочности и выдерживает воздействующие на нее нагрузки.

Также важно сказать о том, что зачастую требуется экспериментальное определение тех или иных характеристик механизма. В частности, возникает необходимость в экспериментальном определении приведенного момента инерции кулисного механизма.

В соответствии со сказанным выше предполагается, что в дальнейшем будет выполнена экспериментальная проверка приведенных в данной статье данных, а результаты, полученные в процессе эксперимента, представлены в одной из последующих статей.

Экспериментальная проверка приведенных в этой статье данных может быть в последующем выполнена описанным ниже способом.

В процессе эксперимента [4] кулисный механизм приводился в колебание в горизонтальной плоскости периодической силой регулируемой частоты до наступления резонанса, т. е. до момента, когда частота собственных колебаний испытуемого механизма совпадает с частотой периодической, раскачивающей механизмы силы. При этом для получения дифференциального уравнения малых колебаний системы используется уравнение Лагранжа II-го рода.

Экспериментальная установка состоит из основания с расположенным на нем механизмом и возбудителем колебаний. На этой установке исследуется кулисный механизм. Опора кулисы закрепляется на основании. На свободном конце кулисы устанавливается груз со стопором. Если перемещать груз по кулисе, то можно менять момент инерции исследуемого механизма.

Возбудитель колебаний состоит из электродвигателя и рычажного механизма, преобразующего вращательное движение двигателя и возвратно-поступательное движение одной из пружин, соединенной с маятником.

Регулируя обороты электродвигателя, можно менять частоту подаваемых на механизм силовых, а следовательно, и частоту вынужденных колебаний механизма. Для определения резонансных оборотов устройство снабжено миллиамперметром.

Порядок выполнения работы на экспериментальной установке предполагает следующее:

- увеличивая частоту вращения вала двигателя поворотом ручки по часовой стрелке, фиксируют показания миллиамперметра в момент резонанса маятника. Резонанс фиксируется только при наименьшей частоте вращения двигателя. Показания миллиамперметра заносят в специальную таблицу;
- определяют для каждого положения механизма частоту вращения вала двигателя и период колебаний по определенной формуле;
- определяют приведенную массу и приведенный момент инерции исследуемого механизма по соответствующим формулам.

В заключение можно сделать следующий вывод: поскольку наиболее нагруженный механизм исследуемого привода имеет наименьший разброс величин приведенного момента инерции, можно утверждать, что конструкция привода спроектирована оптимально. Другими словами, распределение масс между элементами привода достаточно рациональное, и звеньев, подверженных чрезмерным инерционными нагрузкам не имеется.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуцин В. Г., Балтаджи С. А., Соболев А. Н., Бровкина Ю. И. Проектирование механизмов и машин: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 488 с.
2. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2015. – 272 с.
3. Мандраков Е. А., Никитин А. А. Динамика гидросистем: монография. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сибир. федер. ун-т, 2014. – 128 с.
4. Н. Г. Дудкина, С. Ю. Кислов. Определение приведенного момента инерции механизма экспериментальным методом: метод. указ. к выполнению лабораторной работы по ТММ № 2/Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2006. – 10 с. ■

Только что объявлены результаты ежегодного Всероссийского конкурса «Инженер года», который проводится независимыми общественными объединениями, представляющими профессиональных ученых и инженеров России и стран Содружества независимых государств.

Целями данного конкурса, который прошел уже в 18-й раз, являются выявление элиты инженерного корпуса, популяризация их труда, пропаганда достижений и опыта лучших инженеров Российской Федерации. Специалисты ООО «Винета» уже второй год подряд оказались в числе его победителей.

В номинации «Профессиональные инженеры» по результатам конкурса Константину Юрьевичу Сидоренко присвоено это почетное звание с вручением сертификата и знака.



Константин Юрьевич Сидоренко

К. Ю. Сидоренко в 2009 г. окончил Санкт-Петербургский институт машиностроения по специальности «инженер-технолог машиностроения». Трудовой путь начал в объединенном конструкторском бюро ОАО «Ижорские заводы» в должности техник-конструктор, затем был переведен на должность инженера-конструктора. С 2005 по 2010 г. принимал участие в проектировании оборудования для энергоблоков АЭС «Taiwan» (Китай), «Kudankulam» (Индия), Ростовской АЭС, «Bushehr» (Иран), «Белене» (Болгария), Белорусской атомной станции и т. д., а также газоотвода паровых котлов Юго-западной ТЭЦ.

В 2012 г. он принял участие в совместной работе с немецкой фирмой «Siempelkamp Tensioning Systems GmbH» над проектом «Гайковерт главного разъема реактора». Эти изделия успешно эксплуатируются на энергоблоках как отечественных, так и зарубежных АЭС. С 2015 г. К. Ю. Сидоренко работает в ООО «Винета» в должности начальника сектора теп-

СОТРУДНИКИ ООО «ВИНЕТА» - ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА «ИНЖЕНЕР ГОДА - 2017»

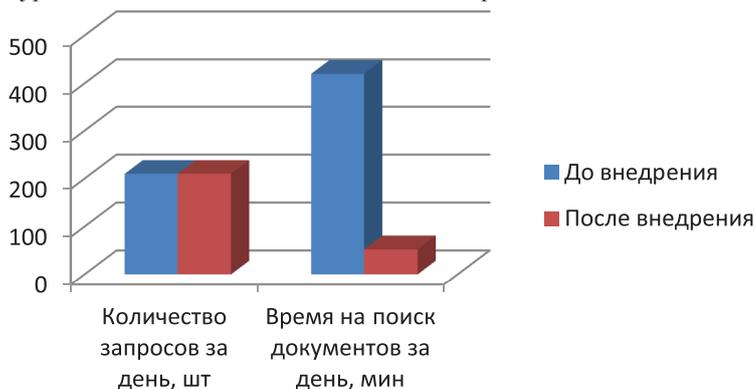
ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048

лообменного аппарата. Помимо своих основных должностных обязанностей, он успешно выполнил проект изделия телескопических ворот вертолетного ангара для пограничного сторожевого корабля пр. 22100 «Океан».



Проведение приемо-сдаточных испытаний телескопических ворот

В числе научных работ Константина Юрьевича – доклад «Менеджмент процесса разработки конструкторской документации в программе твердотельного 3D моделирования Autodesk Inventor» опубликованный в сборнике «Инновации и молодежь. Четвертая молодежная научно-практическая конференция» в Екатеринбурге в 2014 г.



В этой же номинации «Профессиональные инженеры» лауреатом признана Юлия Сергеевна Зайцева.

Она окончила в 2008 г. Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г. В. Плеханова по специальности «Горные машины и оборудование».



Юлия Сергеевна Зайцева

Профессиональную трудовую деятельность начала на пятом курсе в должности инженера. С 2008 по 2013 г. работает на различных предприятиях – ООО «ЭРОСТ Групп», ОАО «Адмиралтейские верфи», компания «PERCo». Принимала участие в разработках новейшего оборудования средств механизации и технологической оснастки. Внедрение предложенных Ю. С. Зайцевой технических решений давало положительный экономический эффект. С 2013 г. по настоящее время она – ведущий инженер, руководит проектом внедрения автоматизированной системы управления жизненным циклом изделия в ООО «Винета». Конечной целью внедрения данной системы является сокращение и оптимизация за-

трат на разработку и создание изделий по основной тематике предприятия (оборудования корабельных систем), а также автоматизированное оперативное планирование производства, что подтвердило внедрение первой очереди АСУ КТП.

Благодаря разработанной инструкции и методике работы с электронными конструкторскими документами в системе по ГОСТ 2.501–2013, время на запрос бумажного документа значительно сократилось.

В номинации «Инженерное искусство молодых» лауреатом стал Павел Юрьевич Петров.



Павел Юрьевич Петров

Он окончил Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения им. императора Александра I (СПб ГУПС) по специальности «инженер по подъемно-транспортным, строительным машинам и механизмам».

Трудовую деятельность П. Ю. Петров начал на третьем курсе обучения в должности инженера-конструктора в 2008 г. За время трудовой деятельности принимал участие в создании специального корабельного комплекса по подъему и транспортировке грузов для судов пр. 20180 постройки АО ЦС «Звездочка» (г. Северодвинск); в проектировании посадочного блока первой очереди и газоотражательного щита для стартовой позиции второй очереди Наземного испытательного учебно-тренировочного комплекса корабельной авиации (НИУТКА) в г. Ейск Краснодарского края; участвовал в качестве консультанта АО «Рособоронэкспорт» при создании наземного тренировочного комплекса (SBTF) ВМС Индии на военно-морской базе INS Hansa.

В 2015 г. П. Ю. Петров в должности начальника сектора перспективного оборудования ООО «Винета» был назначен главным конструктором проекта создания отечественных установок обработки воды корабельных (судовых) систем, оборудования для очистки трюмных, балластных нефтесодержащих вод, опреснения морской воды.



Установка очистки сточных вод, УОСВ, 15 м³/ч



Установка опреснения морской воды, УОМВ, 5 м³/ч



Слева направо: П.Ю. Петров, С.П. Друкаренко (первый секретарь РосСНИО, государственный советник РФ 1-го класса, канд. техн. наук), Ю.С. Зайцева

Церемония награждения состоялась 21–22 февраля 2018 г. в зале «Инженерной славы» Международного Союза научных и инженерных общественных объединений (Союз НИО).

Коллектив ООО «Винета» поздравляет победителей этого престижного конкурса и желает коллегам новых достижений и дальнейшего профессионального роста! ■

При проектировании энергетического комплекса судна необходимо опираться на исходные данные, такие как, заданная мощность СЭУ, скорость хода или, например, ледопробиваемость для ледоколов. В настоящее время разработаны общие методики проектирования и способы оптимизации, связанные с выбором судна-прототипа или использованием «метода вариаций» и «метода сопоставления вариантов». Эти способы рассматриваются в работах В. В. Ашика [1], В. М. Пашина [2], А. В. Бронникова [3] и др. В область проектирования пропульсивного комплекса значительный вклад внесли Г. А. Артемов [4] и В. И. Козлов [5], над вопросами проектирования специализированных судовых энергетических комплексов работали Е. Б. Гильмияров [6] и В. А. Сизых [7]. Существенный научный вклад в повышение эффективности эксплуатации и функциональной надежности судового энергетического комплекса внесли В. В. Шарик [8], А. М. Никитин [9], К. А. Алексеев [10] и др. [11, 12]. Но на первых стадиях проектирования даже при наличии судна-прототипа целесообразно опираться на опыт постройки энергетических комплексов, а точнее на статистические данные, собранные для заданного типа судна. В данной работе представлен статистический анализ мощностных показателей судов, работающих во льдах, которые могли бы стать основой для проектирования ледоколов и судов ледового плавания.

ГРУППИРОВКА ЗНАЧЕНИЙ СОБРАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

Согласно РМРС [13], минимальная мощность на гребных валах ледоколов и судов ледового плавания должна составлять для Arc4 1000 кВт, а для Arc9 – 10 000 кВт. Таким образом, можно провести градацию между группами ледовых классов: – группа Ice (Ice1–Ice3) – до 1000 кВт; – группа Arc (Arc4–Arc9) – от 1000 до 10 000 кВт; – группа Icebreaker (Icebreaker6 – Icebreaker9) – свыше 10 000 кВт, но поскольку требования к мощности ледоколов не носит обязательного значения, а характеризуют лишь рекомендуемые минимальные значения, выбранную градацию будем считать условной, делая основным ориентиром указанные диапазоны мощностей.

Для статистического анализа мощностных показателей ледоколов рассматривается совокупность значений, принимаемых по собранной базе данных из [14, 15]. В связи с тем, что для многих судов основной характеристикой является мощность ЭУ, и в спецификационных данных, находящихся в открытом доступе, мощность на гребных винтах отсутствует, анализ будет проводиться на основании мощности ЭУ. При этом принятая градация сохраняется в силу ее условности, и при использовании результатов статистического анализа, если характеристики рассматриваемого судна попадают на стык двух групп, следует рассматривать зависимости для обеих диаграмм и сравнивать их, опираясь на дополнительные критерии оптимизации.

ПРИНЦИП СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ВЫБОР АНАЛИЗИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Статистический анализ мощностных показателей включает оценку собранных данных, основанную на выдвижении гипотезы о виде распределения и проверки данной гипотезы. Проверка гипотезы состоит в том, чтобы на основании сравнения фактических (эмпирических) частот с предполагаемыми (теоретическими) частотами можно было сделать вывод о соответствии фактического распределения гипотетическому распределению [16, 17].

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОЩНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕДОКОЛОВ

*А.А. Темникова, ст. преподаватель,
А.Р. Рубан, доцент, канд. техн. наук, зав. кафедрой,
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
контакт. тел. (8512) 614190, +7 (909) 372 0645*

Сравнение частот выполняется по критериям согласия, которые, опираясь на установленный закон распределения, дают возможность установить, когда расхождения между теоретическими и эмпирическими частотами следует признать несущественными (случайными), а когда – существенными (неслучайными). Таким образом, критерии согласия позволяют отвергнуть или подтвердить правильность выдвинутой гипотезы.

Критерий согласия Пирсона χ^2 – один из основных критериев согласия, рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - m_i)^2}{m_i}, \quad (1)$$

где k – число интервалов; f_i – эмпирическая частота i -го интервала; m_i – теоретическая частота.

Расчетное значение не должно превышать критического значения χ^2 , выбираемого по таблице в зависимости от уровня значимости α и данного числа степеней свободы. Уровень значимости – это вероятность ошибочного отклонения выдвинутой гипотезы, т. е. вероятность P того, что будет отвергнута правильная гипотеза. В рассматриваемых случаях выбирается $\alpha = 0,05$, тогда $P = 0,95$.

Число степеней свободы определяется по формуле

$$v = k - z - 1, \quad (2)$$

где z – число параметров, задающих теоретический закон распределения (для нормального и логарифмически нормального распределения $z = 2$).

Для упрощения статистического анализа вводятся мощностные показатели:

- отношение мощности ЭУ к водоизмещению судна – удельная мощность ЭУ (Ne/V , кВт/м³);
- отношение ледопробиваемости к мощности ЭУ – удельная ледопробиваемость ($t/Ne \times 10^4$, м/кВт).

Для выдвижения гипотезы о типе распределения осуществляется оценка по критерию Мизеса. Данный способ основывается на определении среднего квадрата отклонений:

$$w_n^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [Fn(x) - F(x)]^2 dF(x); \quad (3)$$

где $F(x)$ – теоретическая функция распределения; $Fn(x)$ – эмпирическая функция распределения.

Статистика критерия рассчитывается по следующей формуле

$$n \times w_n^2 = \frac{1}{12 \times n} + \sum_{i=1}^n \left[F(x_i) - \frac{i-0,5}{n} \right]^2. \quad (4)$$

Если фактическое $n \times w_n^2$ окажется больше критического значения, то гипотеза отвергается. Для вероятности 0,95 критическое значение для критерия Мизеса равно 0,461.

Для предварительной оценки достаточно рассмотреть одну из трех групп для каждого показателя, например, группу Ice.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭУ

Для показателя Ne/V группа Ice имеет 147 значений. Ниже рассчитана статистика критерия для полной совокупности значений. Из расчетов видно, что для данной совокупности значений ни одна гипотеза не может считаться верной, так как критерий превышает критическое значение 0,461. Но с наибольшей вероятностью можно утверждать, что распределение будет подчиняться нормальному или логарифмически

нормальному закону, так как значения критерия в этих случаях минимальны.

**Статистика критерия Мизеса
(показатель Ne/V , группа Ice)**

Распределение:

нормальное	24,79
логнормальное.....	21,83
гамма-распределение.....	47,91
Стьюдента.....	42,69
Хи ²	49,00
экспоненциальное	37,62

На основании предварительной оценки делается вывод, что для совокупности значений показателя Ne/V для всех групп необходимо выдвинуть последовательно две гипотезы: распределение подчиняется нормальному закону либо логарифмически нормальному закону.

Как показывает оценка совокупности по критерию Мизеса, ни одна из гипотез не может быть принята. Следовательно, в фактическом распределении существуют аномальные случаи. Чтобы выявить такие значения, строится диаграмма распределений для сравнения теоретических и эмпирических значений показателя. Из диаграмм будут видны аномальных значений, благодаря чему можно выявить влияние серийной постройки судов. При уменьшении влияния серийности и применения правила «трех сигм» ряд распределения изменится. Характеристики рядов распределения представлены в табл. 1.

Оценка по критерию согласия Пирсона привела к тому, что гипотеза о нормальное распределение ближе к истинным величинам, чем логарифмически нормальное распределение.

Ряды распределения показателя Ne/V (с корректировкой относительно аномальных зон) представлены на рис. 1–3 в зависимости от количества судов n . Диаграммы зависимости мощности ЭУ от водоизмещения судна представлены на рис. 4–6. При этом указаны зависимости распределения средней величины показателя и линии тренда, кроме того отображены границы доверительного интервала (нижняя гра-

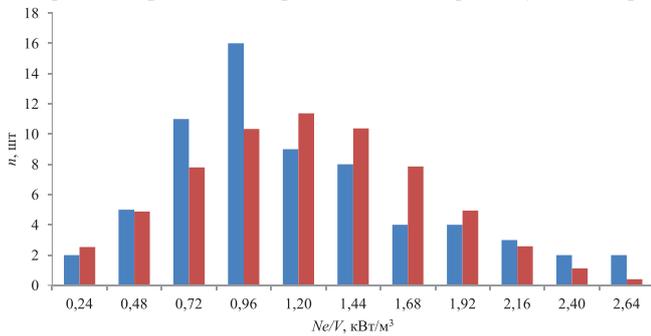


Рис. 1. Ряд распределения показателя Ne/V (группа Ice)
■ – эмпирические данные; ■ – теоретические данные

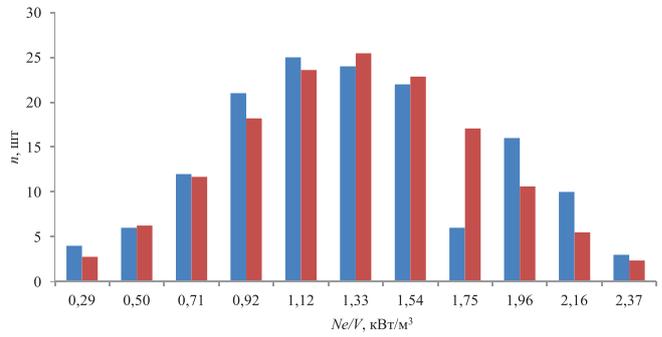


Рис. 2. Ряд распределения показателя Ne/V (группа Arc)
■ – эмпирические данные; ■ – теоретические данные

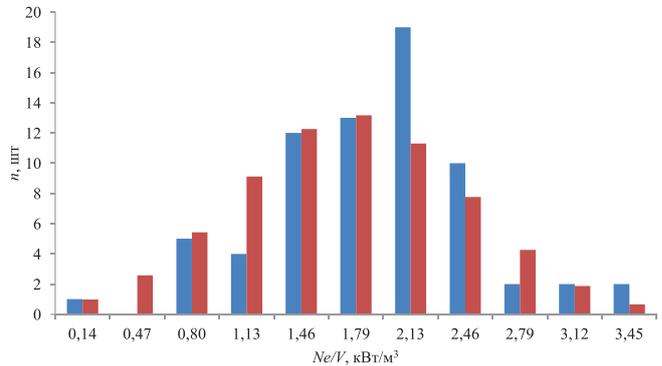


Рис. 3. Ряд распределения показателя Ne/V (группа Icebreaker)
■ – эмпирические данные; ■ – теоретические данные

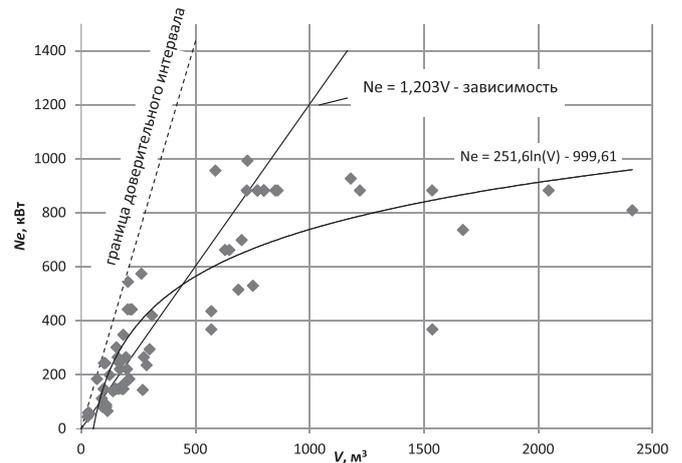


Рис. 4. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $Ne(V)$ (группа Ice)

Характеристики рядов распределения для показателя Ne/V

Таблица 1

Характеристика	Ice			Arc			Icebreaker		
	Полная совокупность		С вычетом аномальных зон	Полная совокупность		С вычетом аномальных зон	Полная совокупность		С вычетом аномальных зон
	Норм. распред.	Логнорм. распред.		Норм. распред.	Логнорм. распред.		Норм. распред.	Лог. норм. распред.	
χ^2	465,54	25×10^5	7,47	294,45	$16,4 \times 10^{15}$	14,94	14,53	280,64	15,35
$\chi^2_{табл}$	16,92	16,92	15,51	19,68	19,68	15,51	12,59	12,59	15,51
доверит. интервал	-	-	$(-0,47) \div 2,87$	-	-	$(-0,14) \div 2,77$	-	-	$(-0,36) \div 3,83$
\bar{X}	-	-	1,2	-	-	1,31	-	-	1,74
σ	-	-	0,56	-	-	0,48	-	-	0,7
D	-	-	0,3	-	-	0,23	-	-	0,48

ница доверительного интервала не указывалась, если имела отрицательную характеристику).

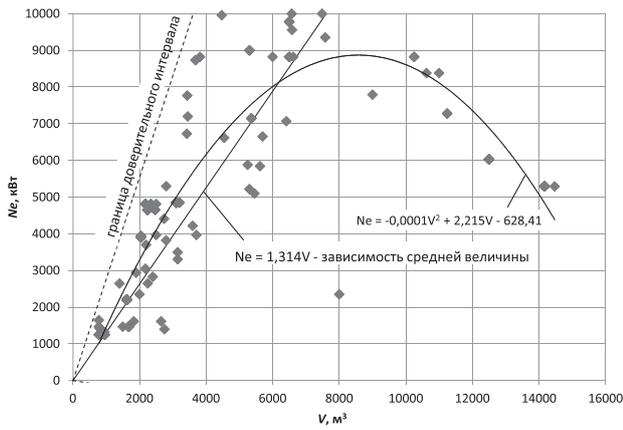


Рис. 5. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $N_e(V)$ (группа Arc)

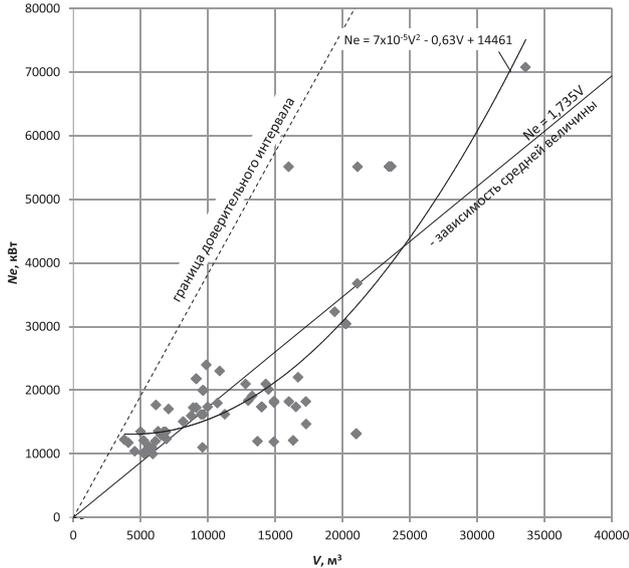


Рис. 6. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $N_e(V)$ (группа Icebreaker)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УДЕЛЬНОЙ ЛЕДОПРОХОДИМОСТИ

Для показателя $t/Ne \times 10^4$ группа Ice имеет 62 значения. Ниже рассчитана статистика критерия для полной совокупности значений. Из расчетов видно, что для данной совокупности значений ни одна гипотеза не может считаться верной, так как критерий превышает критическое значение 0,461. Но с наибольшей вероятностью можно утверждать, что распределение будет подчиняться нормальному закону, так как значение критерия в этом случае значительно меньше по сравнению с остальными.

Статистика критерия Мизеса (показатель $t/Ne \times 10^4$, группа Ice)

Распределение:

нормальное	11,55
логнормальное	17,57
гамма-распределение	17,69
Стьюдента	17,69
Chi²	15,69
экспоненциальное	17,67

На основании предварительной оценки делается вывод, что для совокупности значений показателя $t/Ne \times 10^4$ для всех групп необходимо выдвинуть гипотезу – распределение подчиняется нормальному закону. Выполнив анализ аномальных зон аналогичный предыдущему показателю, были получены следующие характеристики рядов распределения – см. табл. 2.

Ряды распределения показателя $t/Ne \times 10^4$ (с корректировкой относительно аномальных зон) представлены на рис. 7–9. Диаграммы зависимостей мощности ЭУ от ледопроеходимости судна представлены на рис. 10–12. При этом указаны зависимости распределения средней величины показателя и линии тренда, кроме того отображены границы доверительного интервала (нижняя граница доверительного интервала не указывалась, если имела отрицательную характеристику).

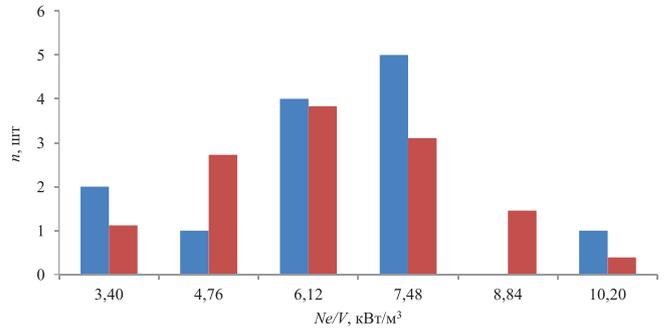


Рис. 7. Ряд распределения показателя $t/Ne \times 10^4$ с вычетом аномальных зон (группа Ice)

■ – эмпирические данные; ■ – теоретические данные

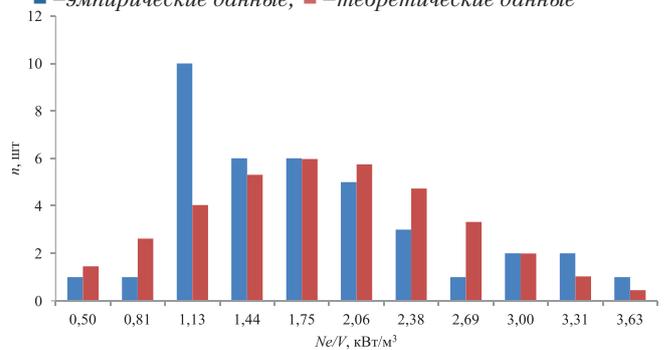


Рис. 8. Ряд распределения показателя $t/Ne \times 10^4$ с вычетом аномальных зон (группа Arc)

■ – эмпирические данные; ■ – теоретические данные

Таблица 2

Характеристики рядов распределения для показателя $t/Ne \times 10^4$

Характеристика	Ice		Arc		Icebreaker	
	Полная совокупность (норм. распред.)	С вычетом аномальных зон	Полная совокупность (норм. распред.)	С вычетом аномальных зон	Полная совокупность (норм. распред.)	С вычетом аномальных зон
χ^2	88,10	5,34	97,60	14,01	8,59	–
$\chi^2_{табл}$	15,51	7,81	12,59	15,51	11,07	–
довер. интервал	–	0,78÷11,78	–	(-0,54)÷4,2	(-0,05)÷1,37	–
σ	–	6,28	–	1,83	0,67	–
σ	–	1,83	–	0,79	0,24	–
D	–	3,1	–	0,61	0,05	–

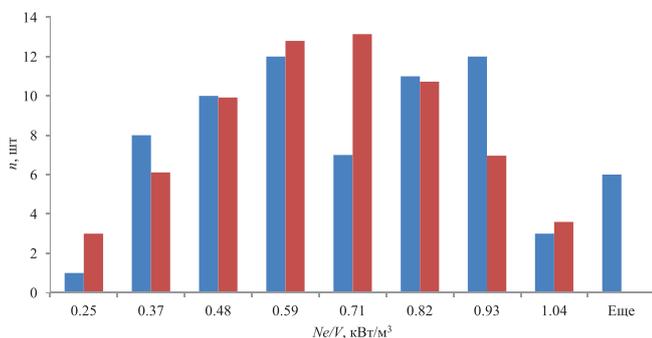


Рис. 9. Ряд распределения показателя $t/Ne \times 10^4$ для полной совокупности значений (группа Icebreaker)

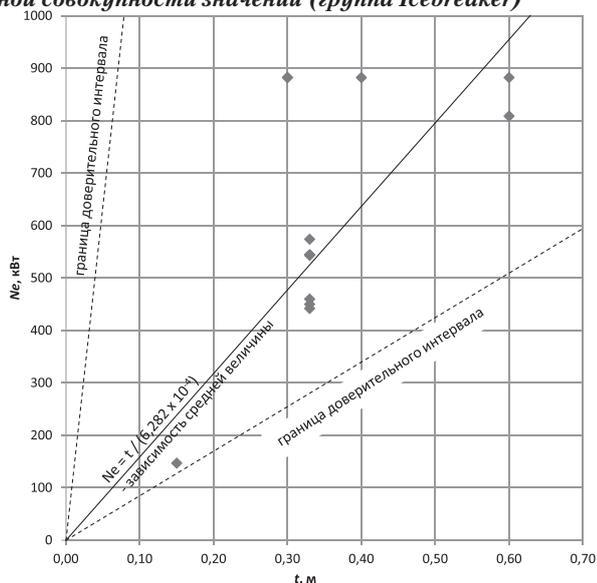


Рис. 10. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $Ne(t)$ (группа Ice)

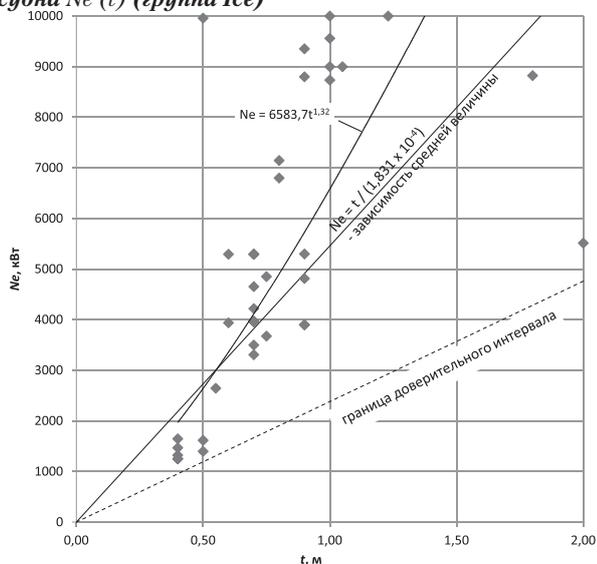


Рис. 11. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $Ne(t)$ (группа Arc)

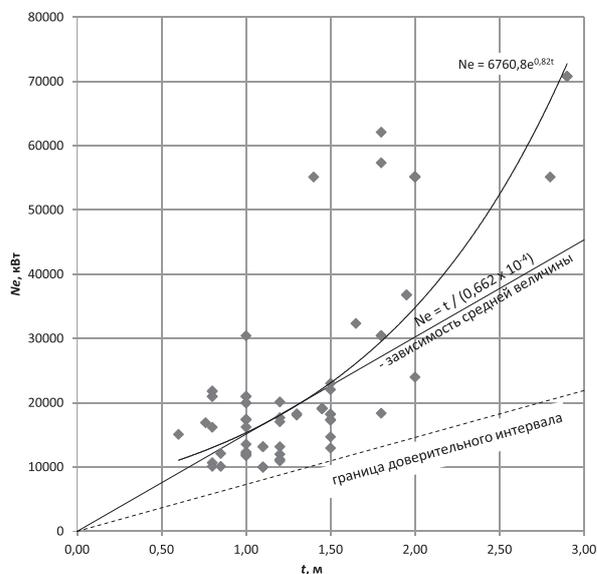


Рис. 12. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна $Ne(t)$ (группа Icebreaker)

Из рис. 4 – 6 и 10 – 12 видно, что в большинстве случаев прямая распределения средней величины показателя не совпадает с линией тренда для рассматриваемых зависимостей. Диаграммы наглядно показывают, в каком случае оптимально использовать средние величины удельной мощности и удельной ледопроеходимости. При этом при увеличении водоизмещения судна и ледопроеходимости (толщины льда) расхождения увеличиваются, и при граничных значениях рассматриваемых характеристик (V, t) целесообразнее опираться на зависимость линии тренда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сводные данные по статистическому анализу мощностных показателей ледоколов приведены в табл. 3.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что с повышением класса судна и, как следствие, улучшения его ледокольных характеристик, показатель Ne/V увеличивается. При этом с повышением класса судна показатель $t/Ne \times 10^4$ уменьшается. Это говорит о том, что нарастание мощности происходит быстрее, чем увеличение объемного водоизмещения судна или его ледопроеходимости.

Полученные результаты статистического анализа мощностных показателей ледоколов можно использовать на начальных стадиях проектирования судов, работающих во льдах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
2. Пашии В. М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983. – 296 с.
3. Бронникова А. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1991. – 320 с.
4. Артемов Г. А. Волошин В. П., Захаров Ю. В., Шквар А. Я. Судовые энергетические установки. – Л.: Судостроение, 1987. – 480 с.

Таблица 3

Сводные данные по статистическому анализу мощностных показателей ледоколов

Группа	Удельная мощность $Ne/V, кВт/м^3$			Удельная ледопроежимость $t/Ne \times 10^4, м/кВт$		
	Среднее значение, $(Ne/V)_{cp}$	Зависимость средней величины, $Ne(V)$	Линия тренда, $Ne(V)$	Среднее значение, $(t/Ne \times 10^4)_{cp}$	Зависимость средней величины, $Ne(t)$	Линия тренда, $Ne(t)$
Ice	1,20	$Ne = 1,203V$	$Ne = 251,6 \ln(V) - 999,61$	$6,28 \times 10^{-4}$	$Ne = t / (6,282 \times 10^{-4})$	–
Arc	1,31	$Ne = 1,314V$	$Ne = -0,0001V^2 + 2,215V - 628,41$	$1,83 \times 10^{-4}$	$Ne = t / (1,831 \times 10^{-4})$	$Ne = 6583,7t^{1,52}$
Ice-breaker	1,74	$Ne = 1,735V$	$Ne = 7 \times 10^{-5}V^2 - 0,63V + 14461$	$0,66 \times 10^{-4}$	$Ne = t / (0,662 \times 10^{-4})$	$Ne = 6760,8e^{0,82t}$

5. Козлов В.И. Судовые энергетические установки. – Л.: Судостроение, 1975. – 480 с.
6. Гильмияров Е.Б., Цветков В.В. Специализированные судовые энергетические установки. – Вест. МГТУ. – 2007. – Т. 10. – № 4. – С. 568–576.
7. Сизых В.А. Судовые энергетические установки. – М.: РКонсультант, 2006. – 353 с.
8. Шарик В.В. Повышение эффективности эксплуатации судового энергетического комплекса на основе оценивания функциональной надежности его элементов и перевода на техническое обслуживание по фактическому состоянию. – Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Спец. 05.08.05. – Новороссийск, 2005. – 139 с.
9. Никитин А.М. Совершенствование технического обслуживания и ремонта судовых энергетических установок на основе анализа рисков. – Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. Спец. 05.08.05. – Санкт-Петербург, 2007. – 381 с.
10. Алексеев К.А. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта судовых энергетических комплексов ледоколов. – Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Спец. 05.08.05. – Санкт-Петербург, 2008. – 197 с..
11. Семиничев Д.С. Управление техническим состоянием судовых энергетической установки на основе метода формализованной оценки безопасности. – Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Спец. 05.08.05. – Санкт-Петербург, 2010. – 226 с.
12. Померанец Л.К., Бекшаев А.В., Даниловский А.Г. Преобразование базы судовых двигателей для ее использования при проектировании пропульсивного комплекса. – Мат-лы второй Всеросс. межотраслевой науч.-техн. конфер.: Актуальные проблемы морской энергетики. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2013. – 278 с.
13. Правила классификации и постройки морских судов Ч. VII: Механические установки. – СПб.: Российский морской регистр судоходства. – 2016.
14. Темникова А.А. Определение рабочей области статистических данных для проектирования ледокола, эксплуатирующегося в Северном Каспии и ВКМСК: Сб. науч. трудов: Проблемы современной науки. – 2014. – Вып. 14. – Ставрополь: ЛОГОС. – С. 29–36.
15. Темникова А.А. Анализ факторов риска эксплуатации дизельных ледоколов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Сер.: Морская техника и технология. – 2015. – № 1. – Астрахань: Изд-во АГТУ. – С. 42 – 50. 116 с.
16. Гусаров, В.М. Статистика. Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИДАНА, 2003. – 463 с.
17. Лысенко С.Н., Дмитриева И.А. Общая теория статистики: Учеб. пособие. – М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 208 с. ■

Рассмотрим подход к экстренным вычислениям и их технологию, позволяющие анализировать и прогнозировать динамику взаимодействия судна с внешней средой на основе динамической теории катастроф. Основное внимание уделим вопросам контроля поведения судна как активной динамической системы (АДС), функциональные элементы которой образуют программный комплекс бортовой интеллектуальной системы (ИС) нового поколения. Динамическая модель АДС реализуется на базе эффективного математического аппарата, разработанного на основе принципов обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде [1 – 8]. Алгоритмы преобразования информации основаны на реализации концепции самоорганизующихся систем и конкурирующих вычислительных технологий, использующих классическую теорию управления, нечеткую логику и искусственные нейронные сети (ИНС).

Программный комплекс реализует принципы самоорганизации и самоуправления на основе достижений в области искусственного интеллекта (ИИ) в соединении с современным математическим аппаратом адаптивного управления и средствами высокопроизводительных вычислений. Формализация алгоритмов управления «от данных динамических измерений – к общей модели взаимодействия» связана с выдвижением гипотезы о классе моделей самоорганизации, формированием процедур автоматической генерации вариантов моделей и выбором в этом классе наилучшей модели на основе критериальных оценок. В результате формируется организованный структура самоорганизации, отображающая неявные причинно-следственные связи и закономерности,

САМООРГАНИЗАЦИЯ АКТИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ МОРСКИХ КАТАСТРОФ

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

ти, «скрытые» в данных измерений. Это позволяет рассматривать предлагаемый подход в рамках концепции интеллектуального анализа данных и средств вычислительного интеллекта.

1. Эволюционная стратегия поведения судна как АДС в нестационарной динамической среде.

Эволюционирующая АДС, реализующая концепцию экстренных вычислений (urgent computing system – UCS), проходит последовательность состояний, определяемых динамической теорией катастроф [5]. Относительно стабильное эволюционное состояние АДС утрачивает устойчивость при потере устойчивости и возникновении катастрофы. Эволюционные циклы на интервале реализации по своему характеру могут быть качественно различными в зависимости от уровня внешних возмущений и особенностей динамики системы. Процессы взаимодействия поднимает систему на новую более высокую степень эволюции в виде спиральной структуры (рис. 1). Физическое понимание качественных изменений в эволюционных процессах связано с фазовым переходом в нелинейных диссипативных системах. Другими важными факторами эволюционной динамики

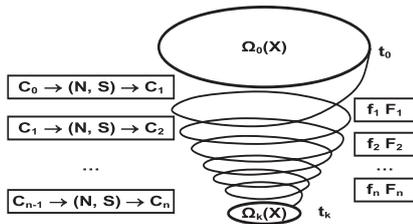
АДС являются специализация, дифференциация и распределение функций.

Физика процессов самоорганизации в АДС с эволюцией судна как нелинейной нестационарной системы (NN-системы) основывается на динамической теории катастроф. Эта теория рассматривает сущность процесса эволюции как единство необходимости и случайности. Ядро динамической теории катастроф составляют вопросы эволюции сложных систем как направленного моделирования процессов самоорганизации при движении системы к целевому аттрактору и при потере устойчивости (возникновение катастрофы). Из многообразия поведения судна на интервале $[t_0, t_k]$ путем абстракции извлекается существенное, которое определяет пространственное функционирование в процессе самоорганизации (см. рис. 1). На рисунке использованы следующие обозначения: a – реализация поведения системы в рамках спиральной модели в виде пружины – символа динамики: «состояние C_0 – неустойчивость N – самоорганизация S – состояние C_1 »; b – ограниченные операторы (α, β, η) и $(\alpha^*, \beta^*, \eta^*)$, реализующие функцию f пространства поведения R^n и функцию F пространства управления R^r в процессе движения к це-

левому аттрактору (Stab) и при потере устойчивости (Cat); f_1, f_2, \dots, f_n и F_1, F_2, \dots, F_n – функции поведения и управления динамической теории катастроф.

Кооперативный характер эволюционной динамики порождает способность к нарушению ее симметрии. Дифференциация и специализация обеспечивают распределение функций подсистем, а интеграция подсистем приводит к возрастающей способности функциональных возможностей вычислительного комплекса бортовой ИС. Иерархическое построение системы взаимодействия ведется в виде пространственной, временной и функциональной конфигурации. Мультистабильность обеспечивает реализацию нескольких устойчивых состояний в зависимости от текущей динамики системы и предыстории ее поведения, потенциальную способность к хранению информации и экспорту энтропии путем обмена энергией с окружающей средой.

а)



б)

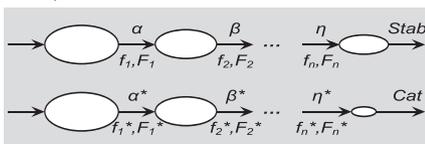


Рис. 1. Модели самоорганизации: спиральная модель (а) и фрактальная структура (б), отображающие эволюцию NN-системы на интервале реализации

Оптимизация и адаптация определяют способность системы приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям, а морфогенез – способность к формированию фрактальных структур и аттракторных множеств при поведении системы и ее компонент. В результате фазового перехода кооперативное поведение подсистем приводит к возникновению состояний со спонтанными нарушениями симметрий, которые можно рассматривать как процесс возникновения сложных структур из простых элементов.

Отображение результатов функционирования программного комплекса осуществляется с помощью самоорганизующейся моделей и фрактальной структуры. Концепция таких структур, ее перестроение во времени и пространство на основе синергетической парадигмы [6] реализуется в зависимости от действующих возмущений.

Формальный аппарат синтеза системы на основе этой концепции представлен в виде алгоритма самоорганизации, построение которого осуществляется на основе следующих аксиом.

Аксиома 1. Взаимодействие структур в функциональном пространстве UCS при непрерывном изменении динамики судна и внешней среды реализуется на основе модели катастроф и фрактальной геометрии.

Аксиома 2. В качестве базовых интерпретаций при построении модели катастроф и фрактальных структур использованы различные геометрические отображения, с помощью которых осуществляется преобразование текущей информации в пространстве и времени.

Аксиома 3. Выбор модели катастроф и фрактальной структуры определяется особенностями взаимодействия и условиями задачи. Трансформация этих отображений в процессе эволюции реализуется на основе принципа сложности.

В процессе самоорганизации происходит перестройка топологической картины взаимодействия в соответствии с особенностями динамической модели катастроф.

Проблема разработки адаптивных алгоритмов реализуется при формировании функции интерпретации на всех стадиях эволюционной динамики. Адаптивные алгоритмы обеспечивают важнейшее качество функционирования АДС – возможность изменять свое поведение в зависимости от состояния внешней среды и особенностей динамики взаимодействия, а также способности обучаться на своем опыте. Реализация этого принципа достигается за счет использования высокоинформативных каналов измерительной информации при построении и «настройке» математических моделей.

2. Концептуальные основы самоорганизации на основе динамической теории катастроф.

При исследовании адаптируемости на базе динамической теории катастроф [5] вводится в рассмотрение фактор, приводящий к смещению системы из области одного аттрактора в область другого. Этот фактор формируется на основе сложных преобразований в динамике системы, обусловленных изменением вектора состояния. Существует тесная связь между отображением катастроф и представлением об адаптивности системы. Чем ближе к особой точке расположено начальное значение вектора параметров судна как динамического объекта (ДО), тем меньше степень адаптируемости. Мету адаптируемости можно рассматривать путем анализа величины и направления такого изменения вектора параметров, которое не-

обходимо, чтобы перевести этот вектор через особенность катастрофы.

Адаптивность и адаптируемость в АДС. Интеллектуальная парадигма управления для адаптируемых и адаптивных структур рассмотрена в работе [1]. Адаптивность – это способность самой системы перестраивать свое поведение в зависимости от внешних условий, проявляющаяся в ходе ее работы. В свою очередь, адаптируемость – атрибут системы в сочетании с действиями внешнего агента (оператора), который придает системе новые свойства.

Адаптируемость программного обеспечения достигается преимущественно с помощью методов новой дисциплины – программной инженерии [7]. Необходимость в программах, способных к адаптации, заставляет обращаться к современной интерпретации классической теории управления. Экстенсивный рост сложности программного обеспечения динамических систем неизбежно приводит к смещению фокуса внимания с методов и техники программирования к тем средствам, которые способствуют решению проблемы сложности, – к архитектуре систем и системной инженерии.

Адаптируемое программное обеспечение (adaptable software) связано с развитием следующих подходов:

- параметрическая адаптация предполагает изменение во времени алгоритмов функционирования;
- алгоритмическая адаптация основана на переключении с одного алгоритма на другой;
- ресурсная адаптация сводится к более эффективному использованию ресурсов распределенных систем (перемещение исполняемых кодов на менее нагруженные процессоры или серверы и др.).

Все эти подходы сводятся к совершенствованию приемов программирования на основе опыта создания адаптируемых систем, накопленного в различных областях практических приложений.

Адаптивный алгоритм интерпретации динамики АДС. Одна из особенностей вычислительной технологии АДС – возможность адаптации к изменяющимся внешним условиям. Организация адаптивной среды динамической базы знаний предполагает наличие функциональных подпрограмм, обеспечивающих управление и адаптацию (с идентификацией параметров объекта), а также функции селекции оценок параметров на основании процедур поддержки управленческих решений, близких к процедурам самообучения для формирования вектора притяжения. Обеспечение этих процедур в зависимости от результатов измерений с последующим изменением своего поведения на базе адаптивных алгоритмов, самообу-

чение и возможность контроля своей работоспособности за счет автоматической самопроверки и самокалибровки измерительных каналов – стандартные операции, определяемые концепцией АДС на основе динамической теории катастроф [5].

В зависимости от особенностей решаемых задач в рамках АДС используются адаптивные алгоритмы, построенные на базе эталонных моделей или моделей переменной структуры [2, 3]:

– структура алгоритма с эталонной моделью

$$Y_t = \alpha_{t-1}^T B_t, \hat{Y}_t = \beta_{t-1}^T B_{t-1}, \quad t \in [t_0, T], \quad (1)$$

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t + w_t, \quad \varepsilon_t = \beta_{t-1}^T (B_t - B_{t-1}).$$

Соотношения, определяющие уточнение и настройку параметров

$$B_t = B_{t-1} + h\beta_{t-1}e_t, \quad \Delta B_t = \Delta B_{t-1} - h\beta_{t-1}\varepsilon_t, \quad (2)$$

$$\Delta B = B - B_t, \quad \varepsilon_t = \beta_{t-1}^T \Delta B_{t-1}.$$

Модель ошибки определяется на основе связи ошибки прогноза e с уравнением ошибки ε .

– структура алгоритма с моделью переменной структуры

$$Y(X) = \sum_{k=1}^n \beta_k P_k(x), \quad P_k(x) = x^n \quad (3)$$

$$(n = 1, 2, \dots).$$

Здесь $Y_t, \hat{Y}_t, e_t, \varepsilon_t$ – модель объекта, блок прогноза, ошибка прогноза (априорный прогноз) и уравнение ошибки; $\alpha_{t-1}, \beta_{t-1}$ – векторы информации об объекте и прогнозе; B_t, B_{t-1} – векторы параметров; w_t – возмущение, отображающее немоделируемые динамики, шумы или ошибки в измерениях; h – размер шага; $P_k(x)$ – базисные функции; β_k – коэффициенты, подлежащие определению.

Общая формальная модель знаний, интегрирующая используемые классы математических моделей эволюционной динамики представляется как

$$\Phi_1\{f(\cdot)|\mu\}, \dots, \Phi_5\{f(\cdot)|\mu\}, \quad (4)$$

где $\Phi_j\{f(\cdot)|\mu\}$, ($j = 1, \dots, 5$) – функции, определяющие классы используемых моделей; $\Phi_1\{f(\cdot)|\mu\}$ и $\Phi_2\{f(\cdot)|\mu\}$ – классы вычислительных и диагностических моделей; $\Phi_3\{f(\cdot)|\mu\}$ – класс моделей, описывающих характерные структуры, определяющие топологию модели; $\Phi_4\{f(\cdot)|\mu\}$ – класс моделей анализа и прогноза развития текущей ситуации; $\Phi_5\{f(\cdot)|\mu\}$ – класс моделей динамической базы знаний управления поведением объектов UCS.

Результаты исследования позволяют выделить особенность задачи, связанную со сходимостью оценки решения о принадлежности образа динамической ситуации к соответствующей структуре (модели прецедентов) исходя из условия [5]:

$$1 \leq \exp\{X(T)\} \leq C, \quad (5)$$

где C – константа, не зависящая от параметра $X(T)$; T – интервал времени реализации процесса взаимодействия;

$[t_0, t_1] \in T$ – интервал времени реализации текущей ситуации.

Топологически подобные конфигурации процедур UCS идентифицируются на основе расстояния Хемминга. Оценка снизу вытекает из характера поведения функции (монотонная сходимость к нулю). Оценка сверху устанавливается на основе математического моделирования динамики UCS. Топология аттракторных множеств определяется особенностями внешнего и внутреннего описания UCS и условиями оценки устойчивости формируемых динамических ситуаций. Поведение изображающей точки в окрестности аттрактора определяет уровень устойчивости динамической ситуации, который характеризует близость реального состояния системы к состоянию равновесия, а также условия выхода и возвращения системы в это состояние.

При построении процедур UCS принципиальное значение имеет выбор структуры и параметров системы, а также ее оптимальных режимов. Задача построения математической модели (задача идентификации в широком смысле) связана со значительной нестационарностью и необходимостью осуществления процесса идентификации в режиме UCS. К алгоритмам *адаптивной идентификации* и уточнения параметров модели в процессе эволюции АДС предъявляются жесткие требования: алгоритм должен обладать высокой скоростью сходимости и обеспечивать малую погрешность получаемых оценок параметров. Выполнение этих требований привело к созданию рекуррентных алгоритмов, обеспечивающих эффективную обработку данных измерений при реализации функции интерпретации динамической модели катастроф.

Организация эффективных поисковых структур процесса адаптивной идентификации основана на идее единого *семантического пространства* и реализуется таким образом, чтобы каждой возникшей ситуации соответствовал семантически связанный с ней список данных измерительной, экспериментальной и априорной информации. Адаптивная модель идентификации считается адекватной процессу взаимодействия, если выполняется условие нечеткого критерия:

$$v_{CA}(s_1^*, s_1^{AM}) \geq t_R, \quad (6)$$

где t_R – порог нечеткого равенства ситуаций $t_R \in [0,6;1,0]$.

Выбор конкретного значения порога зависит от жесткости требований к точности адаптивной модели.

Практическая реализация сформулированного подхода связана с созданием нечеткой формальной системы (НФС) логических правил динами-

ческой базы знаний ИС. Одна группа правил позволяет определить оценку опасности формируемой динамической ситуации, другая – направлена на ее предотвращение и может быть осуществлена непосредственно в алгоритме принятия решений по перестройке структуры объектов АДС.

3. Синергетическое управление и стратегии эволюционной динамики в условиях самоорганизации.

При разработке систем поддержки решений (ППР) в практических приложениях, связанных с контролем чрезвычайных ситуаций в морских катастрофах, используются результаты анализа самоорганизующихся систем. Отображение особенностей функционирования реализуется на основе программного комплекса ИС с помощью самоорганизующихся структур динамической теории катастроф и фрактальных отображений [5]. Концепция таких структур, ее перестройка во времени и пространстве реализуются в рамках синергетической парадигмы [6] в зависимости от состояния судна и действующих возмущений.

Стратегия перестройки системы и преобразования информации в условиях неопределенности в соответствии с N -шаговым планом на временном интервале длины L реализуется при выполнении условия

$$\tau_{p_0^A}(N, L) = \min_p \tau_{p^A}(N, L), \quad (7)$$

$$\tau_{p_0^A}(N, L) \leq \tau_{p^A}(N, L),$$

где p_0 и p – исходный и генерируемый планы.

Цель плана p состоит в определении точки x^* путем минимизации функции на отрезке длины L с погрешностью до ε .

На основе условия (7) вычислительный комплекс осуществляет сложное преобразование информации путем генерации ансамбля траекторий динамической модели катастроф в рамках концепции UCS. Для начального состояния системы и заданных ограничений на допустимые значения исследуемой величины $x(0) \in X(0)$ (где $X(0)$ – заданное выпуклое компактное множество в R^n) в каждый момент времени t рассматривается множество

$$X(t, u(\bullet)) = X(t, u(\bullet), X(0)) = U\{x(t, u(\bullet), x(0) | x(0) \in X(0)\}, \quad (8)$$

объединяющее все траектории NN -системы при управлении $u = u(t)$ и векторах $x^0 \in X^0$.

Таким образом, имеем ансамбль траекторий

$$X(t, u(\bullet)), t_0 \leq t \leq t_k, \quad (9)$$

порожденных множеством X^0 и управлением $u(\bullet)$ при заданном возмущении $w(t)$.

Выбирая функцию $u(t)$, можно управлять множеством ансамбля в про-

странстве управления динамической теории катастроф. Цель управления на интервале реализации $[t_0, t_k]$ заключается в том, чтобы в заданный момент времени привести ансамбль $X(t, u(\bullet))$ в заданную ε -окрестность, а требование оптимальности состоит в том, чтобы величина была минимальной.

Теоретический базис операций (7) – (9) процесса самоорганизации реализуется в рамках фундаментальной теории динамической теории катастроф [5], сформулированной применительно к вычислительной среде АДС на основе двуполненных исследований.

Теорема 1. Динамика NN-системы в процессе самоорганизации реализуется в рамках обобщенного принципа дисциплины с помощью целевого функционала, определяющего интерпретацию пространств поведения и управления с использованием фрактальных отображений и множеств динамической теории катастроф.

Реализация этой теоремы при исследовании поведения NN-системы в динамической среде АДС связана с использованием следующих следствий:

Следствие 1.1. Динамическая модель катастрофы, отображающая сложные процессы самоорганизации системы, определяет функцию интерпретации в виде бифуркационного множества в пространстве управляющих переменных; множества, определяющего динамическую среду поведения, интегрирующую динамику взаимодействия; множества, характеризующего внешнюю среду и структурные изменения в поведении системы.

Следствие 1.2. При реализации управляющих воздействий в условиях самоорганизации система может эволюционировать к состояниям устойчивого и неустойчивого равновесия, определяемым множествами динамической модели катастроф в условиях неопределенности и неполноты исходной информации.

Следствие 1.3. При недостаточной эффективности управляющих воздействий происходят резкие изменения в пространстве, характеризующем эволюцию системы при потере устойчивости и возникновении катастрофы.

В результате происходит интеграция перестроенных элементов в целостное образование более высокого уровня, что реализуется в виде сложных процессов интерпретации поведения и управления в интегрированной вычислительной среде АДС с новыми качествами. Эволюционная стратегия самоорганизующейся среды способствуют углублению знаний и их практическому использованию при контроле чрезвычайных ситуаций.

Характерной причиной эволюционной неустойчивости программного

комплекса при контроле чрезвычайной ситуации является внезапное появление новой моды движения вследствие изменения динамики взаимодействия. Это феномен приводит к потере устойчивости состояния (потеря остойчивости или прочности), которое до появления моды было устойчивым. Существенные черты, связанные с отображением особенностей возникновения катастрофы, могут быть представлены последовательностью пространств:

$$R(t) \text{int} \supseteq R(t) \text{mod} \supseteq R(t) \text{Cat}, \quad (10)$$

а бифуркационное множество отображает эту структуру и соответствующие дополнительные черты процесса эволюции, определяемого динамической теории катастроф.

В программном комплексе АДС реализуются три основных типа самоорганизации: структурная, параметрическая, функциональная [2, 3]. Ниже дается общая характеристика моделей самоорганизации при анализе динамических сцен и формализации знаний в процессе эволюции АДС в сложной динамической среде.

Структурная самоорганизация.

В основу структурной самоорганизации принят подход, предполагающий замену элементов структурной схемы в процессе функционирования системы. Модель самоорганизации представляется в виде трехуровневого дерева решений. Перестройка структуры системы в процессе самоорганизации обеспечивается управляющим модулем, позволяющим регулировать исходную структуру в зависимости от текущей ситуации. Таким образом, дерево решений формируется за счет последовательной декомпозиции подсистем, а модель иерархической структуры представляет собой совокупность моделей подуровней, связанных древовидным отношением [5]:

$$M = \langle M^{sl}, R^T \rangle, \quad (11)$$

где M^{sl} – модель подуровня (sublevel), порождаемого подсистемой S_p ; $R^T \in M^{sl}$ – древовидное отношение.

В процессе структурной самоорганизации один тип элементов системы заменяется другим типом. Стратегия самоорганизации программного комплекса UCS предусматривает использование особенностей динамической среды, реализующей выходную функцию $\Phi(\text{Out})_{j,i} \in \Phi(\text{Out})_p$, где $\Phi(\text{Out})_i$ – набор функций с элементом типа i :

$$\Phi(\text{Out})_i = \left\{ \Phi(\text{Out})_{1i}, \Phi(\text{Out})_{2i}, \dots, \Phi(\text{Out})_{mi} \right\}, \quad (12)$$

где m – число различных функций, каждая из которых зависит от набора параметров

$$\Pi(\text{Out})_{j,i} = \left\{ \Pi(\text{Out})_{1i}, \Pi(\text{Out})_{2i}, \dots, \Pi(\text{Out})_{ni} \right\}, \quad (13)$$

Параметрическая самоорганизация осуществлена в рамках подхода [5]. В основу этого подхода положен принцип адаптивного резонанса, используемый в теории ИНС. В процессе функционирования программного комплекса осуществляется непрерывный контроль текущей ситуации с помощью НФС. Самоорганизация основана на подстройке (а в сложных случаях и перестройке) параметров моделей НФС, управляющей процессом самоорганизации. В результате устанавливаются такие значения параметров управления, при которых значение целевого функционала будет максимальным.

Формируемые на основе подхода [5] свойства динамической базы знаний наиболее четко проявляются при обеспечении функционирования в задачах интерпретации в условиях неопределенности и неполноты исходной информации. Важной особенностью адаптивной системы знаний являются:

- возможность сохранения свойства пластичности при запоминании новой информации в процессе функционирования ИС;
- предотвращение модификации исходной базы знаний за счет формирования новых правил, описывающих возникшую нестандартную ситуацию.

При функционировании АДС в режиме UCS происходит накопление новой информации и корректировка базы знаний. Динамическая база знаний совершенствуется и расширяется за счет включения новых моделей. Подобно нейронной сети ART [4], база знаний имеет *внутренний детектор новизны* – тест на сравнение предъявленной нестандартной ситуации (нового образа) с содержимым ансамбля логических правил. Новый образ, описывающий нестандартную ситуацию, может породить создание новых классов таких ситуаций, однако при этом существующая база знаний не разрушается.

Функциональная самоорганизация.

Этот тип самоорганизации возможен на основе обработки информации, накопленной в процессе практических наблюдений. Реализация этой стратегии осуществляется на основе нечеткого логического вывода по прецеденту [5]. Задачей анализа является выделение локальных областей классов прецедентов. Это достигается путем классификации прецедентов на базе ансамблей моделей нечеткого вывода с различными конфигурации ИНС [5]. Алгоритм классификации реализует минимизацию функционала:

$$G(z_1, \dots, z_M) = \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{j=1}^K \sum_{a \in \tau_j} \|a - z_j^*\|^2 \rightarrow \min, \quad (14)$$

где N_j – число прецедентов в множестве τ_j ; K – число областей (классов); z_j^* – центр класса.

4. Интерпретация эволюционной динамики в условиях самоорганизации.

При оценке риска, связанного с построением сценариев взаимодействия объектов в условиях самоорганизации рассматривают текущее $S(t)$, начальное $S(0)$ и конечное $S(k)$ состояния системы [6]. Начальное состояние соответствует моменту реализации принятого решения, а конечное – состоянию, которое приобретает в результате управляющих воздействий. Указанные состояния можно представить в виде обобщенных векторов:

$$S(t) = \{S(t)_j\}, S(0) = \{S(0)_i\},$$

$$S(k) = \{S(k)_i\}, (i=1, \dots, n). \quad (15)$$

Каждое из этих состояний будет различно для подсистем, образующих интегрированный комплекс:

$$S(t)_j = \{S(t)_{ji}\},$$

$$S(0)_j = \{S(0)_{ji}\}, S(k)_j = \{S(k)_{ji}\}, \quad (16)$$

$$(j=1, \dots, m, i=1, \dots, n).$$

Функция управления состоит в том, чтобы из множества целевых состояний (альтернатив) $S(t)$ сформировать обобщенный вектор конечного состояния $S(k)$ в соответствии с некоторой коллективной стратегией $F(k)$

$$S(k)_j = F(k) \{S(t)_m, S(t)_{i,j}\},$$

$$(i=1, \dots, n, i \neq j). \quad (17)$$

где $S(k)_{j,i}$ – множество целевых состояний подсистем управления.

Эти данные позволяют на заданном интервале времени $[t_0, t_k]$ определить искомое решение поставленной задачи самоорганизации с использованием методов моделирования на основе динамической теории катастроф. При этом подмножества разрешенных и запрещенных состояний судна определяются соотношениями

$$\{S(k)\}_{j,\alpha} = F(\alpha) \{S(t), S(t)_j, j\},$$

$$\{S(t)\}_\alpha = \bigcup_{j=1}^m \{S(t)\}_{j,\alpha}, \quad (18)$$

$$S(t)_\beta = \{S(t)\} \setminus \{S(t)\}_\alpha.$$

Здесь $\{S(t)\}_\alpha$ и $\{S(t)\}_{j,\alpha}$ – подмножества запрещенных состояний для всей системы и для ее отдельных элементов; $\{S(t)\}_\beta$ – подмножество разрешенных состояний.

Функция рассогласования, определяющая качество работы ИС при реализации коллективной стратегии, может быть построена на основе модели или функции выбора, а также метода эталонов. Однако во многих случаях можно ограничиться построением критерия в рамках нечеткого логического базиса.

В качестве примеров практической реализации разработанной стратегии и концептуальных решений построения самоорганизующихся систем рассмот-

рим эволюцию судна для следующих случаев взаимодействия:

а) перестройка динамической картины поведения аварийного судна при непрерывном изменении параметров судна и внешней среды (рис. 2 и рис. 3);

б) реализация процесса самоорганизации при ударе экстремальной волны (волны-убийцы) (рис. 3).

Характерные точки катастрофы на этих рисунках – центр масс G , кривая центров величины $C(\theta)$, метациентр m_0 , точка сборки P и область бифуркационного множества $B(\theta)$ изменяют свое положение в процессе структурной и параметрической самоорганизации. Затененная область $GZ_0(\theta)$ соответствует изменению восстанавливающего момента $M(\theta)$, который создается за счет положительной величины метациентрической высоты.

Случай взаимодействия, приведенный на рис. 2, отображает результат преобразования динамической картины катастрофы на основе структурной и параметрической самоорганизации [5].

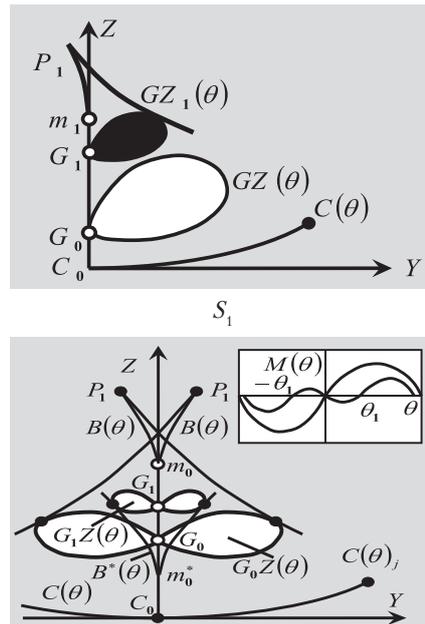


Рис. 2. Перестройка модели катастрофы при симметричном затоплении отсеков поврежденного судна

Исходная модель взаимодействия соответствует формированию первого классического случая затопления S_1 (симметричное затопление) и перехода системы в новый режим S_3 вследствие интенсивного затопления отсеков судна на нерегулярном волнении. При этом происходит резкое снижение метациентрической высоты и переход системы в область их отрицательных значений (формирования аттрактора бистабильной динамической системы).

Динамические картины взаимодействия на рис. 3, отображают результат структурной и параметрической самоор-

ганизации при асимметричном затоплении отсеков поврежденного судна. Исходная модель катастрофы характеризует формирование второго классического случая затопления S_2 и переход системы в новый аттрактор, соответствующий режиму S_4 вследствие перехода метациентрической высоты в область отрицательных значений.

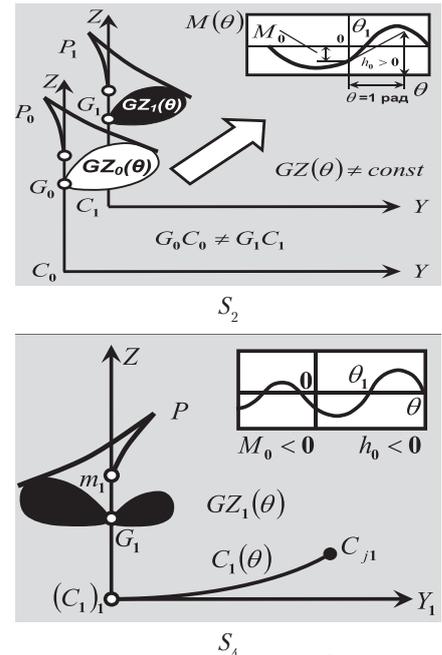


Рис. 3. Самоорганизация динамических моделей катастроф при асимметричном затоплении отсеков поврежденного судна

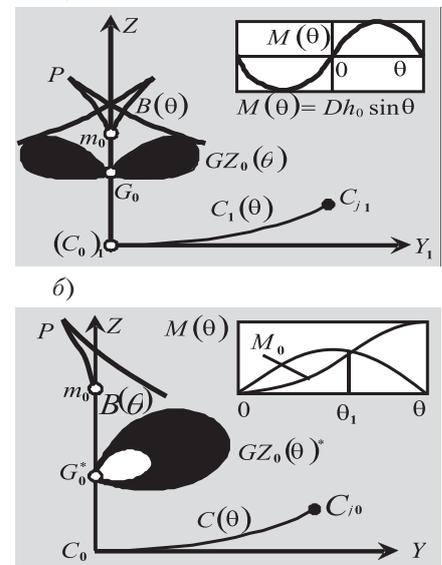


Рис. 4. Динамические картины катастрофы при ударе экстремальной волны (а) и при возникновении стремительно дрейфа вследствие удара (б)

Динамические картины катастрофы при ударе экстремальной волны (рис. 4) – характерный случай взаимодействия судна с волной-убийцей, высота которой превосходит вертикальные размеры судна вместе с надстройками [5]. Феномен возникно-

вения новой моды движения связан с формированием эволюции в виде двух сценариев развития ситуации: удар экстремальной волны (рис. 4, а) и стремительный дрейф вследствие удара (рис. 4, б), приводящий к опрокидыванию судна.

Как видно из рис. 4, а, в первом сценарии происходит полная перестройка картины катастрофы. ЦМ системы располагается в G_0^* и множество $GZ_0(\theta)^*$, отображающее динамическую среду взаимодействия, в процессе развития дрейфа приобретает вид светлой области внутри кривой $GZ_0(\theta)^*$. Диаграмма остойчивости $M(\theta)$ в этих условиях ухудшается за счет влияния неблагоприятных факторов, и в первую очередь – влившейся на палубу воды от разрушения волны после восприятия удара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассмотренный подход к проблеме самоорганизации позволяет формализовать задачу интерпретации и построить итерационный алгоритм выбора оптимальной структуры с учетом наложенных ограничений. Оптимальная структура алгоритма реализуется на основе принципа сложности и метода минимальной длины описания, а программная реализация – осуществляется в режиме UCS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кефарт Д., Чесс Д. Концепция саморегулирующихся вычислений // Открытые системы. – 2003. – № 2. – С. 17–26.
2. Круглов В. В., Усков А. А. Два подхода к самоорганизации базы правил системы нечеткого логического вывода // Информационные технологии. – 2006. – № 2. – С. 14–18.

3. Куприянов М. С., Кочетков А. В., Нестерова Е. А., Артемьев Ю. Г. Алгоритмы структурной самоорганизации распределенных систем. – Сб. докл. Международ. конфер. по мягким вычислениям и измерениям SCM–2009. Санкт-Петербург, 2009. т. 1, с. 211–213.
4. Нейрокомпьютеры в интеллектуальных технологиях XXI века. – М.: Радиотехника, 2011.
5. Нечаев Ю. И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – СПб.: Арт. Экспресс, 2012.
6. Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. – М.: Прогресс – Традиция, 2000.
7. Черняк Л. Адаптируемость и адаптивность // Открытые системы. – 2004. – № 9. – С. 30–35.
8. Urgent Computing Workshop 2007. – Argonne National Lab, University of Chicago. – 2007. – April 25–26. – <http://spruce.teragrid.org/workshop/urgent07.php>. ■

25 января 2018 г. доктору технических наук, профессору СПбГМТУ, заслуженному деятелю науки РФ Юрию Ивановичу Нечаеву исполнилось 85 лет.

Круг интересов Ю. А. Нечаева очень разнообразен – это гидродинамика, интеллектуальные технологии, биотехнические и авиационно-космические системы. Под его непосредственным руководством как директора и генерального конструктора Специального конструкторского бюро информационно-управляющих систем созданы система управления посадкой космического комплекса «Буря», биотехнические системы защиты акватории, гидродинамические системы новых типов движителей «машущее крыло» морских динамических объектов, системы посадки летательных аппаратов корабельного базирования. Ю. И. Нечаев руководит Санкт-Петербургским отделением российской Ассоциации «Нейроинформатика» и городским научным семинаром НТО судостроителей, представляет Россию на международных форумах по развитию науки, техники и образования.

В 2007 г. Ю. И. Нечаеву было присвоено звание «Выдающийся ученый XXI века» (Кембридж, Великобритания), а в 2009 г. – звание Международного (независимого) эксперта по проблеме «Интеллектуальные технологии XXI века» (США, Великобритания). За монографию «Теория катастроф: современ-

К 85-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА Ю. И. НЕЧАЕВА



ный подход» Юрий Иванович удостоен медали имени Альберта Эйнштейна (США, 2011), а за монографию «Топология нелинейных нестационарных систем» – медали имени Исаака Ньютона (Великобритания, 2013).

Ю. И. Нечаев – автор 120 изобретений, список его научных работ превышает 500 наименований, он подгото-

вил 17 докторов и 36 кандидатов технических и физико-математических наук, имеет большой опыт совместных разработок с ведущими зарубежными фирмами Великобритании, США и Италии по созданию первых в мире бортовых интеллектуальных систем обеспечения безопасности мореплавания и посадки летательных аппаратов корабельного базирования.

Многие знают Ю. И. Нечаева как ректора Университета культуры, музыканта и композитора. Он – автор элгии для скрипки и фортепиано, этюда для виолончели и романса на стихи М. Ю. Лермонтова, «Гимна корабелов», помнят как дирижера на 6-м Всемирном фестивале молодежи и студентов струнным ансамблем и аккомпаниатора сводного хора студентов Москвы.

Друзья и коллеги поздравляют Юрия Ивановича со знаменательным юбилеем и желают ему доброго здоровья и дальнейших творческих свершений.

Редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру здоровья и дальнейших успехов в развитии науки. ■

Одним из основных условий эффективного применения надводных сил Военно-Морского Флота России является разносторонняя подготовка экипажей кораблей. Это – составная задача, одной из немаловажных частей которой является подготовка стрельбовых расчетов к выполнению задач по предназначению. За последнее десятилетие арсенал ударных, зенитно-ракетных, артиллерийских, противолодочных и торпедных комплексов для ВМФ серьезно обновился. Поэтому для курсантов военно-морских училищ ракетно-артиллерийской направленности приоритетным направлением обучения по специальности является подготовка в качестве командиров групп управления ракетно-артиллерийским оружием и командиров стреляющих батарей.

Учитывая большое разнообразие огневых средств, выпускаемых предприятиями военно-промышленного комплекса страны для нужд надводных сил ВМФ, представляется возможным задуматься о создании так называемого «универсального тренажера», который позволил бы обучать курсантов стрельбе как крылатыми ракетами, так и зенитными средствами (зенитно-ракетные и артиллерийские комплексы).

Тренажерный комплекс должен состоять из следующих частей:

рабочее место руководителя:

- ЭВМ руководителя обучения;
- программное обеспечение руководителя обучения.

рабочие места обучаемых в составе:

- универсального конструктива обеспечивающего тренаж по любым стрельбовым комплексам;
- программного обеспечения, использующего работу математической модели использования стрельбовых комплексов при различных вариантах использования (как в автономном, так и групповом режимах обучения).

При этом программное обеспечение тренажера должно оставаться неизменным, а внешний вид – четко соответствовать конкретному огневому средству. Таким образом достигается значительная экономия финансовых средств, необходимых на разработку и изготовление тренажерных комплексов. Фактически деньги будут затрачены один раз на создание ядра тренажера. С изготовлением же полной внешней имитации приборов управления стрельбой может справиться любое предприятие, занимающееся металлообработкой.

Ядром же тренажера, по мнению АО «НПФ Меридиан», должна стать математическая модель полета тела в воздушном пространстве. Четверть века назад подобная математическая модель уже разрабатывалась. Тогда в ней была описана конкретная ракета 9М-33. Однако для реализации функционала указанного тренажера стоит более объемная задача – создание универсальной модели полета любого тела в воздушном пространстве, разработка которой в настоящее время ведется в АО «НПФ Меридиан» в инициативном порядке. Сложность заключается в том, что у каждого объекта есть конкретный набор летных характеристик (сила тяги двигателя, геометрия корпуса, расход топлива и т. п.).

Модель полета объекта в воздушном пространстве должна базироваться на дифференциальных уравнениях аэродинамики и отражать его положение в пространстве по трем координатам в каждый момент времени, определяемый дискретностью вычислений. При этом летные характеристики объектов будут храниться в базе данных и предоставляться при выборе того или иного стрельбового комплекса. База данных должна быть неотъемлемой частью математической модели с определенным грифом секретности, а доступ к ней может осуществляться в строгом соответствии с полномочиями тех или иных должностных лиц. Кроме того, модель должна предусматривать возможность для преподавателя готовить сценарий предсто-

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ТРЕНИРОВОК СТРЕЛЬБОВЫХ РАСЧЕТОВ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РФ

*Е.Е. Версоцкий, зам. начальника исследовательского отдела
АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375, доб. 192*



Пульт управления огнем



Пульт руководителя занятий

ящего практического занятия, включая имитацию сложной помеховой обстановки, поломок и отказов средств обнаружения и сопровождения целей, а также управление тактической обстановкой в процессе занятия. Представляется, что это должен быть отдельно написанный программный блок, обеспечивающий простоту подготовки различных сценариев для людей даже с начальным уровнем владения компьютером. Учитывая, что современный компьютерный парк, как правило, использует операционные системы семейств Windows и Linux, необходимо, чтобы математическая модель была реализована с возможностью запуска под любой операционной системой вышеозначенных семейств. Также немаловажным фактором является хранение информации о проведенных практических занятиях для их дальнейшего анализа, разбора ошибок или, что весьма вероятно, новых тактических приемов, использованных курсантами в процессе практического обучения.

Таким образом в идеале получаем рабочий тренажер любого оружейного комплекса ВМФ и возможность для преподавателя задавать тактическую обстановку для каждого практического занятия, так как средства воздушного нападения вероятного противника тоже вписываются в указанную выше математическую модель. Более того, используя предложенный математический аппарат, можно проводить и групповые занятия по тактической подготовке курсантов ракетно-артиллерийских специальностей, так как появляется возможность вести учебный бой корабельных соединений с использованием крылатых и зенитных ракет, авиации и артиллерии. Все зависит лишь от сложности заранее подготовленного преподавателем сценария практического занятия. ■

Начало больших перемен всегда связано с неким словом. Сегодня таким словом является «цифровизация», которую многие воспринимают в виде интернет-сервисов в секторе экономики. На самом деле феномен цифровизации гораздо шире. С точки зрения мореплавания и рыболовства, это возможность использования информационно-коммуникационных технологий и новых конструктивно-технологических решений для улучшения процессов управления и контроля безопасной эксплуатацией судов.

Первым шагом в этом направлении можно считать создание интегрированных систем управления техническими средствами судна и их контроля. Вместе с тем в ходе выполнения опытно-конструкторских работ (ОКР) в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» (ФЦП РГМТ) на 2009–2016 гг. стало очевидным, что для сопровождения функций управления специфическим производственным процессом, например проведением научно-исследовательских работ в области промышленного рыболовства, этого явно недостаточно. Решение таких задач требует пересмотра моделей управления, совершенствования механизмов автоматизации и интеграции оборудования, а также гармонизации сбора, объединения, обмена, представления и анализа морской информации на борту судна посредством электронных средств. Кроме того, в условиях массового перевода навигационно-гидрографического обеспечения на цифровые продукты, существующие механизмы внедрения нового оборудования для судов вошли в противоречие с динамикой технического прогресса, не отвечают потребностям современного судоходства и рыболовства, требуемому уровню эффективности и безопасности морской деятельности. Необходимость исправления этой ситуации явилась мотивом для включения в план работы Международной морской организации (ИМО) подготовку глобальной стратегической программы создания комплексной электронной навигации (*e-Navigation*) и плана ее внедрения.

Отталкиваясь от этого и используя имеющийся научно-технический задел и производственный потенциал, компании АО «Кронштадт Технологии» удалось перейти к созданию интегрированных систем управления более высокого уровня. Суть нового подхода изложена в технических предложениях «Разработка интегрированной системы управления научно-исследовательским судном Росрыболов-

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ СУДНОМ РОСРЫБОЛОВСТВА - ШАГ К ЦИФРОВИЗАЦИИ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

В.В. Ефимов, канд. техн. наук, доцент, директор по продвижению проектов,
В.М. Кондратенко, вед. эксперт,
АО «Кронштадт Технологии»,
контакт. тел. (812) 449 9090, доб. 557 01, +7 (911) 988 4255,
+7 (921) 972 2144

ства» (ИСУ НИС-РР). Само судно, как известно, проектируется и будет построено по поручению Президента Российской Федерации В. В. Путина от 3 июля 2015 г. № Пр-1307.

Технические предложения были разработаны совместно АО «Кронштадт Технологии» и АО «Гипро-рыбфлот» и направлены на отзыв нескольким конструкторским бюро, в Росрыболовство и Минпромторг России. Выбор НИС-РР в качестве площадки для реализации предложений не случаен и продиктован следующими факторами:

1. Оснащение большого плавучего измерительно-диагностического центра, каким является НИС Росрыболовства, предоставляет большие возможности для инженерного творчества.

2. Современный объем и сложность морских исследований требуют комплексного совершенствования измерительно-информационных систем на основе внедрения инновационных информационно-коммуникационных технологий.

Последнее позволит частично компенсировать сокращение численности научно-поискового флота Росрыболовства безболезненным встраиванием новой научно-технической продукции в существующие технологические цепочки. В целом же объем задач и функций ИСУ предусматривают внедрение:

- технологий улучшения, гармонизации и удобства постов навигационного мостика судна, повышения надежности, стойкости и целостности оборудования судового мостика и навигационной информации, а также интеграции и представления навигационной информации, полученной с помощью различного коммуникационного оборудования, на графических дисплеях, предусмотренных Планом внедрения стратегии элек-

тронной навигации (*e-Navigation Strategy Implementation Plan*);

- нетривиальной системы управления судном, поддерживающей сложные режимы движения для обеспечения безопасности мореплавания и проведения научных исследований;
- механизмов автоматизации задач высокоточной и промысловой навигации во всех районах Мирового океана, включая высокие широты, в соответствии с требованиями ИМО;
- мощных научных и промысловых комплексов, а также нового судового комплектующего оборудования и инновационных технологий, в том числе в области зондирования морской среды;
- функциональной и программно-аппаратной интеграции судового оборудования различного назначения;
- современных геоинформационных технологий, в том числе для освещения подводной ситуации, создания электронных карт эколога и т. п.;
- производственных процессов в соответствии с требованиями научной организации труда, стандартов к эргономике и технической эстетике, рабочих постов и автоматизированных рабочих мест (АРМ), адаптируемых к условиям работы НИС;
- развитой судовой локальной вычислительной сети (ЛВС) кластерной архитектуры, обеспечивающей возможность подключения широкого диапазона научной измерительной аппаратуры и высокую степень защиты и надежности информации;
- специальных электронных журналов и систем управления проблемно-ориентированными базами данных;
- процедур и средств предотвращения аварий при работе подводных

устройств за счет учета характера грунта, сложности профиля дна, наличия подводных трасс, коммуникаций, течений и гидрометеороусловий;

- технологии формирования плана полетов и безопасного управления полетом беспилотного летательного аппарата (БПЛА), а также систем сбора и обработки его данных;
- технологии управления и контроля ходом глубинных исследований с помощью телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА), а также сбора и обработки передаваемых им данных;
- технологии комплексного видеонаблюдения для обеспечения требований по охране труда, борьбе с терроризмом и пиратством;
- технологии создания единого информационного пространства между НИС и береговыми объектами Росрыболовства на базе широкополосных и спутниковых каналов связи для обмена данными в реальном времени и с требуемой периодичностью, а также специализированных сервисов спутниковых систем связи, сети Интернет и прикладных программных технологий для капитана, руководителя рейса и персонала судна;
- социальных информационно-коммуникационных сетей;
- средств технического обеспечения удаленного обучения и поддержания навыков экипажа в соответствии с требованиями ИМО.

Предлагаемая конфигурация ИСУ НИС-РР включает шесть компонентов (рис. 1):

- интегрированную систему ходового мостика;
- интегрированную промысловую систему;
- интегрированную научно-исследовательскую систему;
- интегрированную систему видеонаблюдения;
- интегрированную социальную сеть;
- систему администрирования локальной вычислительной сети.

Таким образом, ИСУ НИС-РР представляет собой совокупность оборудования и аппаратно-программных средств, объединенных локальной сетью в единый вычислительный ресурс и рассредоточенных по служебным помещениям, постам и АРМ пользователей.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ХОДОВОГО МОСТИКА (ИСМ)

При проектировании ИСМ специалисты компании исходили из того, что НИС-РР должно быть оснащено кон-

венционным, научным, промысловым и специальным оборудованием. Несение вахты на ходовом мостике такого судна требует от штурмана, не всегда располагающего достоверными сведениями о взаимном перемещении судна и объекта исследований, одновременного выполнения сложных расчетов, обработки данных от автономных приборов и управления несколькими процессами. Чрезмерная нагрузка на судоводителя существенно повышает риск его ошибочных действий. Следовательно, оптимизация ходового мостика – жизненная необходимость. Выработанный подход базируется на патентных исследованиях по оснащению и конструкции отечественных и зарубежных НИС, проведенных в ходе реализации двух ОКР:

– «Разработка системы мониторинга и информационной поддержки судоводителя, обеспечивающей управление мобильными силами и средствами, контроль промышленного рыболовства, охрану водных биоресурсов, управление рациональным использованием биоресурсов на базе научно-исследовательского судна Росрыболовства», шифр «НИС-Центр»;

– «Разработка судового интегрированного навигационно-промыслового комплекса обеспечения безопасности плавания, эффективного промысла в сложных метеорологических и промысловых условиях и автоматической передачи информации о состоянии судна и результатах промысловой деятельности», шифр «ИНПК».

Анализ полученных материалов однозначно свидетельствовал о приоритетности концепции безопасного судовождения одним вахтенным на мостике с использованием объединенного командного поста (*One man on the bridge* – ОМВО). Это обстоятельство предопределило тщательное изучение и структурирование потребностей различных групп пользователей, вплоть до разработки проекта каждого поста и рабочего места с участием специалиста, имеющего опыт и навыки практической работы. Достичь поставленных целей во многом удалось благодаря участию в выполнении ОКР «НИС-Центр» в качестве одного из соисполнителей Атлантического научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии Росрыболовства (АтлантНИРО).

Идеология ИСМ концентрирует свое внимание на разработке интерфейсов пользователя для каждого автоматизированного рабочего места с целью снижения рисков принятия ошибочных решений и представления неоптимальных форматов данных как судовым, так и береговым операторам.

Разработка механизмов управления в аварийных ситуациях осуществлена в соответствии с требованиями ИМО (резолюция MSC.252 (83)) на интегрированную навигационную систему. При этом детализированы не только принципы создания рабочих постов, но и звуковые команды системы аварийно-предупредительной сигнализации: тревоги, предупреждения и предостережения. Не менее серьезная поддержка оказана использованию геоинформационных систем и применению принципов послойного отображения графических и табличных данных.

Согласно эксплуатационному стандарту ИМО на интегрированную систему ходового мостика (Резолюция MSC.64 (67)), ИСМ является интегратором верхнего уровня, включающим систему и комплексы, устанавливаемые на ходовом мостике. Для реализации требований к НИС-РР как к судну с символами класса: AUT1 ICS DYNPOS-1, в ИСМ, в ранге подсистем, включены:

- интегрированная навигационная система (ИНС), соответствующая требованиям к судам с символами класса ICS OMBO;
- система автоматизированного управления движением (САУД), включающая органы ручного управления ходом, рулем и подруливающими устройствами, авторулевой, систему координированного (джойстикového) управления;
- система управления техническими средствами судна (ИСУ ТС), обеспечивающая работу главной энергетической установки (ГЭУ) и общесудовых систем (ОСС) с учетом несения или отсутствия вахты в центральном посту управления (ЦПУ);
- средства ГМССБ, а также специальной, внутренней и внешней связи;
- автономные встраиваемые подсистемы: управления стеклоочистителями, стеклоомывателями и подогревом стекол, сигнально-отличительными огнями и знаками, управления брашпилем и контроля якорной цепи, контроля дееспособности вахтенного.

Принципы организации ИСМ были проработаны в ходе выполнения ОКР «Создание базового проекта судовой интегрированной мостиковой системы класса автоматизации 2 и 1 на базе отечественного оборудования как интегратора верхнего уровня», шифр «Мостик-М». Опытный образец (рис. 2) ИСМ прошел испытания на стенде, по результатам которых, конструкторской и программной документации была присвоена литера О₁.

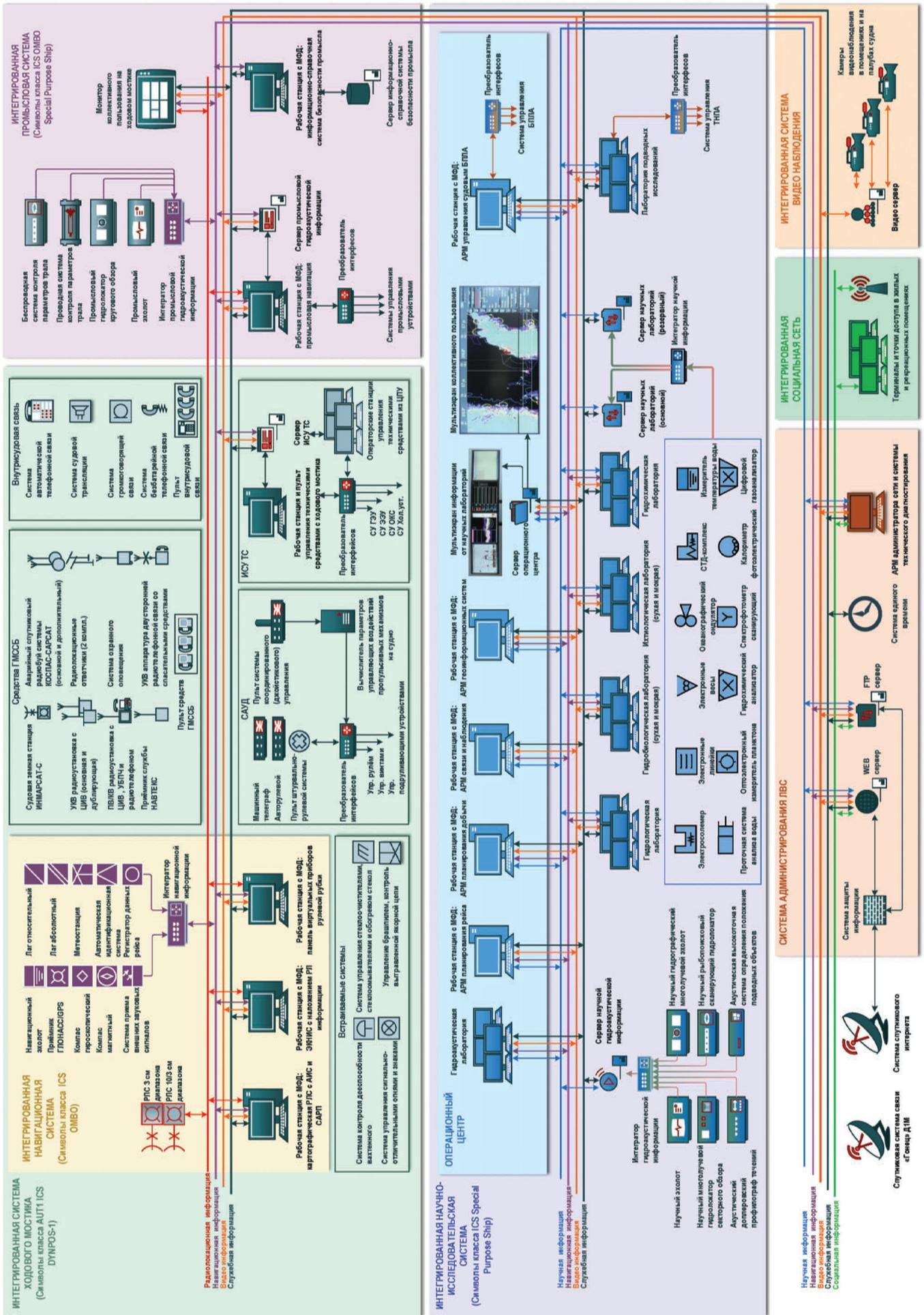


Рис. 1. Упрощенная структурно-функциональная схема ИСУ НИС-РР

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ



Рис. 2. Опытный образец ИСМ

Характеристики ИСМ в части безопасности мореплавания и охраны человеческой жизни на море удовлетворяют требованиям международных и национальных нормативных документов к грузовым судам специального назначения и обеспечивают:

- высокоточное управление судном при работе с научно-промысловым и обзорным оборудованием;
- управление движением судна по заданной траектории с использованием активных средств;
- управление перемещением и разворотом судна по курсу на сверхмалых скоростях при маневрировании, в режимах динамической стабилизации и позиционирования;
- работу с устойчивыми к ошибкам ввода данных интерфейсами, основанными на профессионально-ориентированной логике и имеющие возможность отбора информации в контексте конкретной ситуации;
- автоматизированное документирование процессов управления судном в формах навигационного журнала, навигационно-вахтенного журнала, журнала маневренных карточек штурмана, вахтенного журнала радиометриста, машинного журнала, суточного журнала технических средств;
- получение информации о навигационной обстановке, погодных условиях, течениях, приливах от системы управления движением судов (СУДС), станций автоматической системы опознавания (АИС) и средств навигационного ограждения, ее автоматическое нанесение и отображение на электронной карте;
- передачу комплексных данных о локальной обстановке с АРМ судоводителя в центры принятия решений по безопасности плавания и СУДС;
- отображение на АРМ судоводителя комплексных рекомендаций, выработываемых в постах принятия решений по безопасности плавания

(прогнозирование ледовой обстановки, оптической видимости, подготовки оптимальных маршрутов перехода и пр.);

- отображение дислокации мировой сети поисково-спасательных служб и их зон ответственности, береговых станций цифрового избирательного вызова ГМССБ, системы Инмарсат и службы НАВТЕКС;
- определение возможности ведения связи и приема навигационных и метеорологических предупреждений в конкретном районе плавания;
- архивирование информации по любому выбранному району, с указанием источника информации для последующего анализа.

Предлагается предусмотреть четыре поста управления судном: центральный пост, два бортовых на крыльях мостика и кормовой. Выбор места управления предлагается осуществлять с каждого поста. Пульты управления предлагается выполнить в виде многофункциональных взаимозаменяемых АРМ с возможностью конфигурации отображаемой информации и органов управления в зависимости от выполняемых задач. На пульте центрального поста управления судном располагаются органы управления винторулевого комплекса, главной

энергетической установки, отображается навигационная информация, состояние технических средств судна и другая информация, необходимая для управления судном одним человеком. При этом управление винторулевым комплексом будет осуществляться с помощью системы дистанционного автоматизированного управления, в том числе с использованием ручного манипулятора типа «джойстик».

С пультов бортовых постов осуществляется управление комплексом ГЭУ, простое управление рулём, управление подруливающими устройствами. С кормового поста осуществляется управление рулём и подруливающими устройствами, комплексом ГЭУ, управление промысловыми устройствами и научным оборудованием. В частности, дистанционное управление промысловыми лебедками и кормовой П-образной рамой. При этом сохраняется управление ими с местных постов на рабочей площадке для забортных работ.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ПРОМЫСЛОВАЯ СИСТЕМА (ИПС)

Современное развитие морского приборостроения характеризуется широким внедрением технических средств с высоким уровнем программного интеллекта и интеграции оборудования в виде автоматизированных систем управления технологическими процессами, в том числе для учетного лова и тралово-акустической съемки. Причем связь между безопасной и эффективной работой НИС более тесная, чем это может показаться на первый взгляд. В этом аспекте была выполнена ОКР «ИНПК» и разработан судовой интегрированный навигационно-промысловый комплекс, который предлагается включить в состав ИПС, в качестве основного модуля. Технологии, разработанные в рамках ОКР «ИНПК», проверены на опытном образце (рис. 3).



Рис. 3. Опытный образец интегрированной промышленной системы

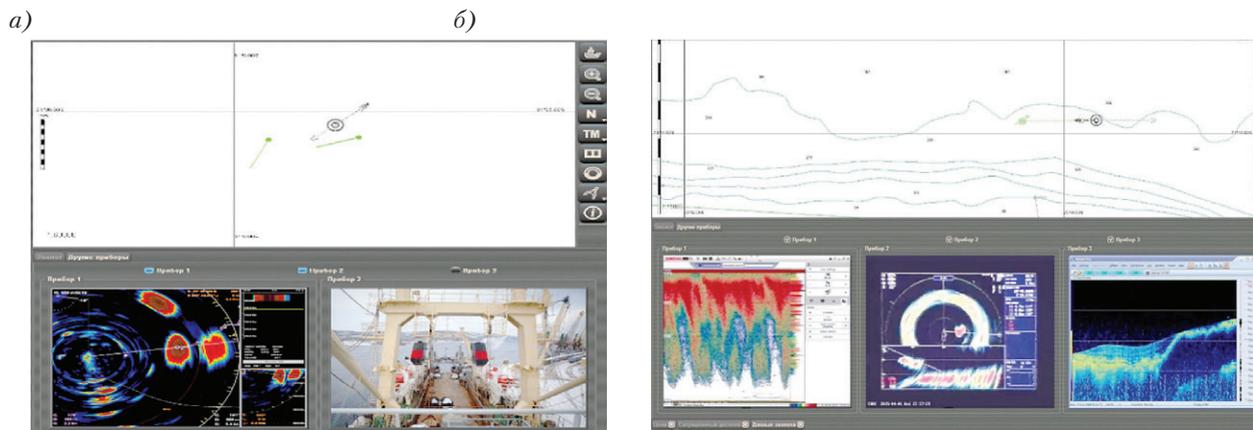


Рис. 4. Фрагменты отображения информации от навигационных приборов, гидролокатора, видеокамеры (а) и навигационного, рыбопоискового и научного оборудования (б)

В ходе проектирования комплекса разработана оригинальная структура интерфейса для функционального сопряжения рыбопоискового и навигационного оборудования, оптимизированы функции отображения графической и видеоинформации, а также обеспечено дистанционное управление рыбопоисковым эхолотом и электронной картографической системой с объединенного пульта. А в центральный пост управления судном гармонично встроены аппаратно-программные средства для обобщенного представления навигационно-промысловой обстановки и отображения данных о работе общесудовых систем, средств связи, навигации и рыбопоиска. Кроме того, пост управления орудием лова, совмещенный с кормовым постом управления судном, построен на оптимизации принципов управления судном и промысловым оборудованием при осуществлении рыболовства.

Фрагменты реализованных технологий приведены на рис. 4.

Использование в ИСУ НИС-РР результатов ОКР «ИНПК» позволит развить выработанные решения и подходы к созданию постов управления ИПС, обеспечив:

- совершенствование принципов организации и несения навигационной вахты, а также безопасного маневрирования на промысле;
- снижение рисков аварийности при проведении съемок, замеров и учетных тралений;
- повышение производительности труда в рамках технологических процессов поиска, лова и изучения водных биоресурсов;
- сбор, нанесение и редактирование на электронной карте промысловых событий и объектов с объемной визуализацией рельефа дна в интересах повышения эффективности работы НИС в районе промысла;
- высокоточное управление судном и орудием лова за счет автоматизации решения задач промысловой навигации;

- оперативный поиск рыбного скопления с оценкой его промысловой значимости, поведения и вероятности облова с наименьшими затратами;
- выбор оптимального маршрута и глубины для постановки трала в оптимальной точке и наведения на наиболее плотную часть косяка путем регулирования длины ваеров, направления движения и скорости трала;
- блокирование перегрузки главного двигателя, механизмов и устройств;
- предотвращение столкновения с другими судами и сцепления тралами при интенсивном промысле на небольших участках лова;
- проведение расчетов и отображение безопасных зон маневрирования судна на промысле на базе технологии «областей позиций»;
- целостную визуализацию текущей надводной и подводной обстановки, а также отображение параметров, необходимых для проведения расчетов и вычислений на ситуационном дисплее, что особенно важно при ведении съемок и замеров в районах, не обеспеченных данными о навигационных опасностях;
- ведение электронного промыслового журнала, формирование и передача судовых суточных донесений;
- оптимизацию функций отображения графической и видеоинформации;

- контроль степени наполнения трала и своевременное прекращение лова, предотвращающее повреждение рыбной массы.

Обобщенное представление данных о гидрометеорологической обстановке, конфигурации грунта (в трехмерной проекции), пользовательских промысловых данных и рекомендуемых галсах позволяет экономить производственное время, снизить риски аварий с научным оборудованием и орудием лова, автоматизировать проведение процедур, управление БПЛА и ТНПА. Указанные возможности основаны на оптимальной организации вертикальных и горизонтальных связей между потоками информации от навигационного, рыбопоискового, промыслового, научного и другого оборудования, участвующего в проведении траловоакустической съемки и обобщенном или поочередном представлении собранных данных.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СИСТЕМА (ИНИС)

Проектирование ИНИС осуществлено на основе анализа принципов организации работы на зарубежных и отечественных НИС, в ходе разработки бортового центра управления научно-исследовательского судна Росрыболовства, в рамках упомянутой ОКР «НИС-Центр». Используемые технологии проверены на опытном образце (рис. 5).



Рис. 5. Опытный образец бортового центра управления

В процессе работы выяснилось, что для современных НИС очень важно снизить воздействие негативных факторов обитаемости судна и создать комфортные условия для научной группы за счет удобной компоновки постов и размещения оборудования. За прототип было взято размещение пультов управления и мониторов в процессинговом центре с обеспечением кругового обзора (рис. 6, а) и организацией компактного дисплейного зала (рис. 6, б) на норвежском НИС «G. O. Sars».

В результате выполненных проработок центральным элементом ИНИС предлагается сделать операционный центр с единым пультом управления исследованиями, мультиэкранами и рядом проблемно-ориентированных мониторов с учетом выполняемых функций, включающий четыре рабочих поста, а именно:

- АРМ планирования рейса (рис. 7, а);
- АРМ научных исследований (рис. 7, б);
- АРМ связи и наблюдения (рис. 7, в);
- АРМ геоинформационных систем (рис. 7, г).

Конфигурация ИНИС включает три сегмента:

- научно-технический комплекс, включающий рыбопоисковое, научное и промышленное оборудование, а также АРМ пилота БПЛА (рис. 8, а) и АРМ оператора ТНПА (рис. 8, б);
- блок служебных помещений, включающий профильные лаборатории и операционный центр с постами управления палубным и забортным научно-промышленным оборудованием (лебедки, кран-балки, выстрелы, откидные площадки и пр.);
- судовую интегрированную исследовательскую систему для автоматизированного сбора, обработки и отображения информации на постах и АРМ, а также управления мультиэкранами отображения навигационно-промышленной обстановки и данных от научных лабораторий (рис. 9).

В целом оборудование ИНИС будет обеспечивать:

- изучение океанологических условий формирования биологической и промысловой продуктивности вод в районах исследований;
- мониторинг среды обитания промысловых гидробионтов, состояния атмосферы и водной экосистемы Мирового океана;
- автоматизацию функций управления научными операциями;
- оценку состояния пищевой обеспеченности промысловых рыб;
- оценку биомассы, изучение распределения и поведения рыбных



Рис. 6. Размещение пультов управления и мониторов в процессинговом центре (а) и дисплейном зале (б) НИС «G. O. Sars»

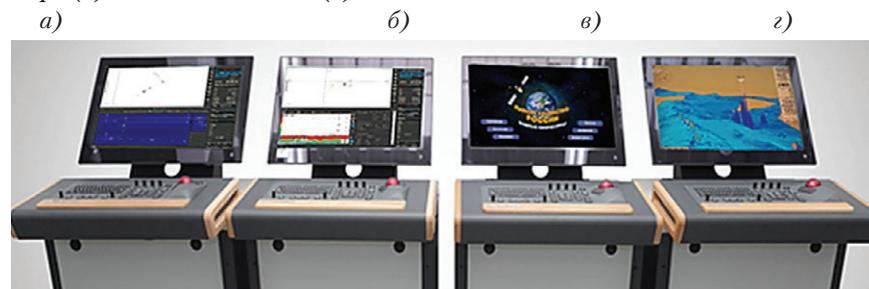


Рис. 7. Фрагменты рабочих мест операционного центра



Рис. 8. АРМ пилота БПЛА (а) и пост управления и контроля ТНПА (б)



Рис. 9. Мультиэкранный научной информации лабораторий

- скопления в процессе проведения траловоакустических съемок;
- определение физических и химических параметров водной среды при вертикальном зондировании и в режиме буксировки, а также поверхностного слоя моря в проточном режиме на ходу судна, в том числе выявление фактов химического и радиоактивного заражения атмосферы и водной среды;
- сбор гидрометеорологической информации;
- построение карт течений и полей температуры поверхности океана;
- регистрацию динамически активных океанологических явлений на водной поверхности: вихри, фронтальные зоны, зоны конвергенции течений;

- восстановление трехмерной структуры динамических образований. Специальная программа ИНИС для поддержки морских исследований позволяет получать по каналам спутниковой связи точную океанографическую информацию о биоресурсах (рис. 10), а также вертикальные вариации температуры вдоль определенной дорожки, глубину термоклина, глубинные течения, прогноз погоды с параметрами атмосферного давления, ветра, высоты волны.

Особо следует отметить наличие в составе ИНИС комплексной информационно-справочной системы, включающей проблемно-ориентированные базы данных научных лабораторий, используемых при подготовке сообщений и отчетов по запросам сырье-

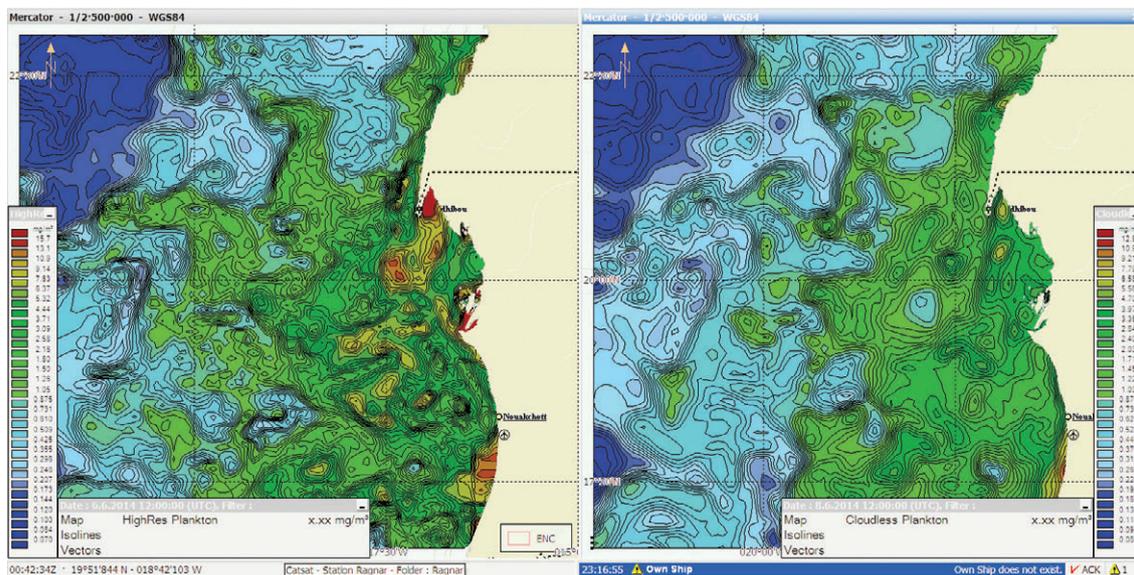


Рис. 10. Отображение распределения планктона с высоким разрешением

вых научных институтов в процессе исследований. Для хранения исходных данных от научных приборов и систем, информации, полученной при обработке первичных сигналов, а также выходных форм, журналов и научных отчетов в состав ИНИС включены специальные аппаратно-программные средства и многоуровневые серверы.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ (ИСВН)

Интегрированную систему видеонаблюдения предлагается разработать на основе прототипа изделия данного назначения, созданного АО «Кронштадт Технологии» и устанавливаемого на судах в качестве подсистемы обработки видеoinформации. При этом была решена задача интеграции всех видеосистем в единый контур управления и доступ к видеоданным с любого АРМ как в реальном масштабе времени, так и хранящимся в архиве. В состав системы входят камеры трех типов: наружного видеонаблюдения, внутреннего видеонаблюдения типовые и внутреннего видеонаблюдения во взрывобезопасном исполнении.

Функциональные возможности ИСВН обеспечивают:

- запись видеoinформации от камер и БПЛА;
- отображение видеоданных для выявления опасных объектов и контроля безопасности судоходства;
- наблюдение в процессе применения орудий лова и заборных систем;
- наблюдение по бортам при швартовке судна и использовании ТНПА;
- поддержка спасательных работ и управления шлюпками;
- совмещение радарного и видео изображений для освещения обстановки;

– мониторинг помещений и палуб судна (рис. 11).

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СОЦИАЛЬНАЯ СЕТЬ (ИСС)

Международная организация труда настоятельно рекомендует судовладельцам активнее оснащать суда аппаратурой доступа экипажа к глобальной сети Интернет. Возможность удаленного общения с близкими людьми во время рейса благотворно влияет на психологическое состояние моряков. В этой связи предлагается в состав ИСУ НИС-РР включить ИСС с каналом спутниковой связи на базе морской оконечной станции с антенной очень маленького размера (*Very Small Aperture Terminal – VSAT*). В настоящее время связь на море представлена несколькими технологиями. Основная из них, разработанная специально для использования на море – Инмарсат. Также связь на море представляют Иридиум, Thuraya, Глобалстар. По сравнению с этими технологиями ос-

новное преимущество системы морского VSAT проявляется в сравнительно дешевых тарифах на услуги связи и в наличии безлимитных пакетов. Кроме того, функциональные возможности многократно превосходят конкурирующие системы

Основная возможность систем морского VSAT – это предоставление широкополосного доступа к сети Интернет на судне, передаче данных и телефонии. Однако возможность применения сервисов на базе морского VSAT может быть значительно шире нежели просто Интернет и телефон. Возможность организации широкополосного спутникового канала на судне позволяет внедрить ряд новых сервисов и услуг, ранее недоступных вследствие отсутствия дешевого канала передачи данных. Такими сервисами могут быть:

- стандартная связь по фиксированным безлимитным тарифам (передача данных, телефония, видеоконференц-связь);

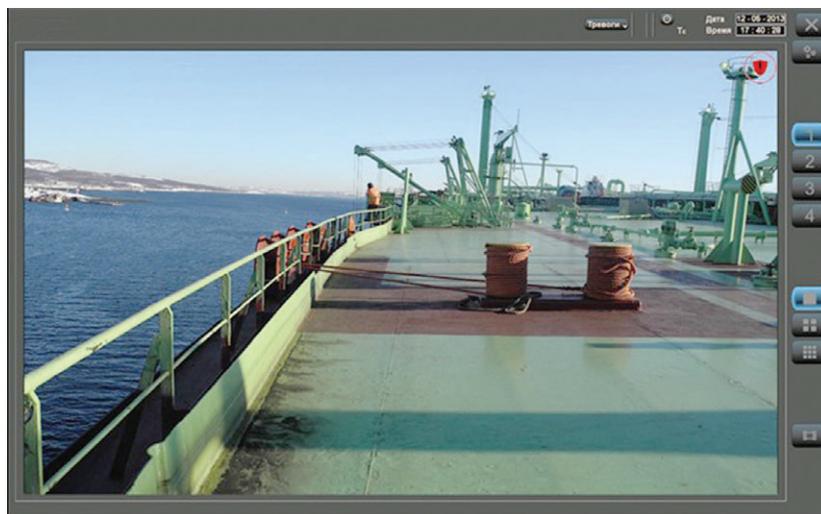


Рис. 11. Режим отображения экрана ИСВН на одном из АРМ ИСУ

- дополнительная связь для экипажа (социальные сети, интернет-телефония, интернет-ТВ);
- интеграция с бортовыми навигационными системами, входящими в ИНС: ЭКНИС, регистратор данных рейса, гидрометеорологическая система;
- электронное декларирование (электронная цифровая подпись, электронный промысловый журнал);
- телеметрия и видеонаблюдение за судовыми процессами (навигационный комплекс, машинное отделение, промысловая система, научная система);
- онлайн консультация и дистанционное управление (техническая и информационная поддержка, телемедицина);
- дистанционное обучение экипажа.

Для дополнительного резервирования можно рассмотреть возможность создания так называемой гибридной системы. В ее состав могут входить, например, сразу три независимые спутниковые системы связи с различными функциональными и ценовыми характеристиками: морской VSAT, Инмарсат и Иридиум. В случае, когда судно находится в зоне действия VSAT-системы, она используется как основная, с расширенным функционалом, предоставляя доступ к сети всему экипажу. В случае выхода судна из зоны действия VSAT-системы специальный блок управления переключает сеть на систему Инмарсат или Иридиум и ограничивает доступ к сети не приоритетным пользователям, оставляя возможность обмена данными с берегом высшему командному составу.

Для создания единого информационного пространства между НИС и береговыми службами, обеспечения доступа экипажа к современным социальным сетям, в состав ИСУ предлагается включить сервер внешней связи через глобальную сеть. Кроме того, при стоянке в порту или на рейде, где организовано распространение бесплатного (некодированного) сигнала для беспроводного сетевого подключения, на судне может использоваться антенна с усилителем WiFi сигнала.

СИСТЕМА АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Концептуально судовая локальная вычислительная сеть ИСУ объединяет три основных компонента – ИСМ, ИПС, ИНИС. Также средствами ЛВС обеспечивается интеграция видео-, служебной и социальной информации.

При этом каждый компонент, решая свои задачи, имеет свою собственную локальную сеть и свой массив данных. Во избежание конфликтов с сопряжением и форматами данных, а также для обеспечения администрирования и управления уровнем доступа к данным, ЛВС компонентов будут соединены между собой и общей судовой локальной вычислительной сетью с помощью специальных серверов и магистрального кольцевого информационного канала. ЛВС мостика и промысловой системы имеют типовые конфигурации. ЛВС научно-исследовательской системы имеет свою специфику, так как предназначена для интеграции гораздо большего перечня оборудования и обеспечения обработки информации, поступающей от инструментальных средств, приборов и автоматизированных рабочих мест научно-исследовательских лабораторий.

Исходя из результатов предварительной проработки этого вопроса в ходе выполнения ОКР «НИС-Центр», в состав ЛВС ИНИС будут входить:

- информационный контур;
- научный контур;
- контур защиты внутренней сети.

Последний одновременно будет обеспечивать управление, настройку ЛВС и администрирование баз данных ИНИС с входящего в нее АРМ администратора. Одной из задач администрирования судовой ЛВС является контроль состояния ее элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применительно к деятельности научно-исследовательских судов предлагаемая интегрированная система управления обеспечит:

- повышение уровня научно-технического оснащения НИС в части требуемой надежности и достоверности научных измерений;
- повышение безопасности выполнения научных работ в море;
- экономию времени на выполнение научных работ;
- автоматизацию функций управления научными операциями.

В целом это приведет к повышению эффективности НИС Росрыболовства.

Основным показателем экономической эффективности от внедрения ИСУ будет являться снижение стоимости жизненного цикла разрабатываемой системы не менее чем на 35% по отношению к комплектации НИС-РР отдельно поставляемым судовым навигационным, связным, научным и вычислительным оборудованием.

Дополнительными источниками получения экономического эффекта

будут сэкономленные средства заказчика НИС-РР, однажды уже затраченные государством на разработку новой морской техники для решения сложных инженерно-технических и технологических задач в рамках ФЦП РГМТ. Создание и установка предлагаемой ИСУ на НИС-РР гарантирует практическое внедрение восьми уже разработанных технологий, соответствующих мировому уровню, и восьми изобретений и полезных моделей, защищенных патентами, удостоверяющими новизну технологических решений, права на которые закреплены за Российской Федерацией.

Отдельные технические решения предлагаемой системы могут стать базой для оснащения передовым оборудованием обновляемого рыбопромыслового флота России и рассматриваться в качестве элементов цифровизации рыбохозяйственного комплекса в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Е. Левашов. Современные суда и судовое оборудование для рыбопромысловых исследований. – М.: Изд-во ВНИРО, 2010.
2. Материалы ОКР «Создание базового проекта судовой интегрированной мостиковой системы класса автоматизации 2 и 1 на базе отечественного оборудования как интегратора верхнего уровня», шифр «Мостик-М».
3. Материалы ОКР «Разработка судового интегрированного навигационно-промыслового комплекса обеспечения безопасности плавания, эффективного промысла в сложных метеорологических и промысловых условиях и автоматической передачи информации о состоянии судна и результатах промысловой деятельности», шифр «ИНПК».
4. Материалы ОКР «Разработка технического проекта, конструкторской документации и опытного образца судовой информационно-справочной системы для обеспечения безопасности мореплавания и поддержки решений при бедствии судов рыбопромыслового флота в районах промысла», шифр «ИСС-БМР».
5. Материалы ОКР «Разработка системы мониторинга и информационной поддержки судоводителя, обеспечивающей управление мобильными силами и средствами, контроль промышленного рыболовства, охрану водных биоресурсов, управление рациональным использованием биоресурсов на базе научно-исследовательского судна Росрыболовства», шифр «НИС-Центр».
6. Draft e-Navigation strategy implementation plan / IMO sub-committee NCSR 1/28, Annex 7, 16 July 2014.
7. Интернет-ресурс <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1568287>
8. Parker S. VSAT is the new paradigm for crew welfare // Maritime electronic & communications. – 2016. – April/May. – P.19-20. ■

Организация контроля технических средств сложных динамических объектов (СДО) является многоуровневым организационно-техническим мероприятием [1]. Обеспечение централизованного контроля на основе эксплуатации интеллектуальной системы мониторинга и диагностики (ИСМД) составляет часть этого мероприятия.

Основная цель контроля – получение путем измерения контролируемых признаков технических состояний (ТС) необходимых объемов информации о фактическом состоянии на данный момент технических средств СДО. Качественное решение задачи контроля основных параметров систем управления позволяет утверждать, что ИСМД должна обеспечивать измерение допустимых значений параметров, характеризующих работоспособность технических средств, с максимально допустимыми значениями при минимальных погрешностях. От качества работы ИСМД в большой степени зависит успех для выполнения СДО поставленных перед ним задач.

ЗАДАЧА СИНТЕЗА АРХИТЕКТУРЫ ИСМД СДО

Базовыми принципами при решении задачи синтеза архитектуры ИСМД СДО являются:

1) интеграция знаний. Разработка методологии объединения различных моделей представления знаний с целью получения лучшего формализованного описания проблемной области;

2) параллельная обработка информации. Максимальный параллелизм достигается при асинхронной организации вычислений. Парадигма параллельных вычислений при обработке измерительной информации и реализации механизма логического вывода предусматривает использование различных моделей приближенных вычислений. Для осуществления механизма логического вывода разрабатываются быстродействующие алгоритмы, сводящие задачу полного перебора к серии подзадач в рамках формальных процедур анализа и интерпретации данных;

3) визуализация результатов функционирования ИСМД. Моделирование и интерпретация моделей – основное средство и инструмент анализа сложных процессов в ИСМД реального времени. Динамика ситуации в графическом режиме отображается с помощью совокупности интерактивных программных средств, реализующих диалоговое взаимодействие с системой имитационного моделирования. Динамическая модель работает совместно с графическим интерфейсом, наглядно отображающим процесс развития ситуации, индикацию

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Кобяков, начальник службы информационных технологий АО «Северный пресс»,

К.В. Лапшин, начальник отдела,

Ю.А. Ямщиков, начальник науч.-исслед. лаборатории,

АО «Концерн «Гранит-Электрон»,

контакт. тел. +7 (921) 922 5685, +7 (921) 865 2685, +7 (911) 933 7003

внешних воздействий и оперативного изменения управляющих сигналов.

В технологический контур мониторинга и диагностики состояния ИСМД СДО необходимо включить гибридную экспертную систему (ГЭС), которая обеспечивает возможность:

- использования всех способов представления диагностических знаний (процедурного, продукционного, семантического);
- хранения и доступа к диагностическим знаниям в рамках банка знаний;
- многокритериального анализа альтернатив принятия решений по результатам оперативной диагностики;
- реализации расчетно-логических процедур;
- обработки неточной и неопределенной информации;
- взаимодействия перечисленных процедур обоснования решения в условиях жестких ограничений на время решения;
- использования стандартных пакетов прикладных программ.

Наиболее весомой компонентой категорией эффективности процесса мониторинга и диагностики является оптимальность системы алгоритмов диагностики СДО. При оценивании состояний объектов управлений (ОУ) или при наблюдении за ОУ на самом деле проводится наблюдение за вычислительным процессом, поскольку посредником между объектом управления и органом, принимающим решение, является вычислительная система. В связи с этим задача построения эффективной системы оценивания ТС – это, прежде всего, задача оптимизации вычислительного процесса [2]. В составе разработанной системы предлагается: параллельный оптимизированный алгоритм диагностики сложного динамического объекта, алгоритм построения оптимальных безусловных диагностических тестов при интеллектуальном анализе диагностических данных и знаний, алгоритм выбора оптимального

подмножества избыточных безусловных диагностических тестов с использованием эволюционного подхода, алгоритм нечеткого прогнозирования временных рядов с использованием процедуры групповой экспертизы.

Параллельный оптимизированный алгоритм диагностики сложного динамического объекта при достаточно большом наполнении базы знаний вынужден выполнять трудоемкие переборы. Время его работы при таких условиях достаточно велико. В связи с этим встает вопрос о его оптимизации с целью уменьшить время, затрачиваемое на решение поставленной задачи. В современных системах технической диагностики, основанных на знаниях, полный перебор возможных к применению знаний – невольная роскошь, и, следовательно, необходимо встраивать в разрабатываемые системы средства для сокращения переборов.

Исследование возможности оптимизации алгоритма технической диагностики с целью ускорения работы по поиску неисправностей показало, что решить задачу оптимизации можно двумя путями:

- за счет сокращения переборов, производимых алгоритмом, как это уже выполнялось в некоторых системах технической диагностики, основанных, однако, на более простых моделях предметной области;
- за счет распараллеливания алгоритма для его выполнения на кластере, что является новым направлением в области оптимизации алгоритмов.

В соответствии с предлагаемым методологическим подходом создание интеллектуальной технологии диагностики СДО должно базироваться на тестовых методах распознавания образов, в рамках которого одним из перспективных является метод, основанный на построении безусловных диагностических тестов (БДТ). Метод ориентирован на матричное представление

данных и знаний о диагностируемом объекте и включает построение всех минимальных и безызбыточных тестов БДТ (МБДТ и ББДТ).

Однако в задачах большой сложности не только число ББДТ, но и число МБДТ может быть достаточно велико, а выбор «хороших» тестов не приводит к построению оптимальных решений [3]. Поэтому возникает необходимость нахождения подмножества безусловных диагностических тестов, оптимальных по ряду критериев (ОБДТ), т.е. решения многокритериальной оптимизационной задачи.

Задачи построения всех МБДТ и ББДТ сводятся к задачам нахождения всех кратчайших и всех безызбыточных столбцовых покрытий (КСП и БСП) булевой матрицы U , для решения которых были разработаны соответствующие алгоритмы. Алгоритмы основаны на применении ряда специальных правил и оригинальной разметки столбцов булевой матрицы, используемых в процессе построения и обхода дерева поиска, что позволяет существенно сократить число переборов путем отсеивания неоптимальных путей в дереве поиска. Аналогично задача построения ОБДТ сводится к нахождению оптимальных столбцовых покрытий (ОБП) матрицы U . Для учета нескольких критериев оптимальности основными являются следующие подходы:

1) упорядочить критерии по убыванию значимости и последовательно применять их в установленном порядке;

2) выполнить свертку критериев, т.е. заменить многокритериальную задачу оптимизации однокритериальной задачей.

Для выбора оптимального подмножества безызбыточных безусловных динамических тестов предлагается использовать генетический алгоритм (ГА), представляющий собой итерационный вероятностный эвристический алгоритм поиска. Полученные в результате исследований результаты показывают высокую эффективность эволюционного подхода к выбору оптимального подмножества ББДТ для псевдослучайных матриц тестов. Одной из ключевых задач построения интеллектуальной системы мониторинга и диагностики технического состояния СДО является задача прогнозирования временных рядов [4]. Предлагаемый в

статье метод позволяет получить диагностические прогнозы в виде нечетких чисел. Метод ориентирован на получение группового прогнозного решения. При этом предусмотрена возможность построения нечетких прогнозов подгруппами экспертов с дальнейшим их агрегированием в коллективный прогноз. В предлагаемом методе нечеткого диагностического прогнозирования временных рядов в виде нечетких чисел использован эвристический алгоритм построения функции принадлежности (ФП).

Предложенные в статье полимодальный методологический аппарат и интеллектуальная технология безызбыточного тестирования позволяют создать методологию и алгоритмическую основу архитектуры системы мониторинга и диагностики СДО, учитывающую жесткие ограничения на время обработки информации.

Основные компоненты такой архитектуры:

- гибридная экспертная система (ГЭС);
- подсистема извлечения знаний из наборов диагностических данных;
- база знаний;
- подсистема подготовки вариантов решений (ППВР);
- подсистема анализа решений;
- источник динамических данных и знаний.

Источниками приобретения знаний в ИСМД в данном случае являются автоматизированные способы извлечения знаний из массивов динамических данных. Оболочка ГЭС состоит из ЭС-монитора, функциональных подсистем, обеспечивающих и сервисных подсистем, подсистемы-решателя. Особенность оболочки – синтетическая структура решателя. В его состав входят компонент многокритериального анализа (КМА), расчетно-логический компонент (РЛК) и компонент логического вывода (КЛВ).

Подсистема представления знаний реализует накопление, хранение, выдачу по запросам и коррекцию декларативных, продукционных и процедурных знаний, а также обеспечение целостности базы знаний и защиту от несанкционированного доступа. Подсистема включает: языки описания и манипулирования знаниями и данными, трансляторы указанных языков, системы управления базами данных

и знаний, средства тестирования базы знаний и базы данных (непротиворечивости, целостности). Внешнее (на уровне пользователя) представление информации реализуется на основе фреймового и продукционного подходов. В качестве средств формализации используются теория вероятностей, теория нечетких множеств, интервальная математика.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из ключевых задач построения интеллектуальной системы мониторинга и диагностики технического состояния СДО является задача прогнозирования временных рядов. Предлагаемый в статье метод позволяет получить диагностические прогнозы в виде нечетких чисел, при этом предусмотрена возможность построения нечетких прогнозов подгруппами экспертов с дальнейшим их агрегированием в коллективный прогноз.

Использованный методологический подход показал, что создание интеллектуальной технологии диагностики СДО должно базироваться на тестовых методах распознавания образов, в рамках которого одним из перспективных является метод, основанный на построении безусловных диагностических тестов. Полимодальный методологический аппарат и интеллектуальная технология безызбыточного тестирования, предложенные в статье, являются основой построения архитектуры систем мониторинга и диагностики сложных динамических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
2. Мальцев В.Б. Анализ состояния технических систем. – М., 1992. – 181 с.
3. Васильевский А.С., Кобяков А.А., Ямщиков Ю.А. Алгоритм построения оптимальных безусловных диагностических тестов при анализе данных и знаний. – Сб. докл научной сессии ГУАП. – В 3 ч. – Ч. 2: Технические науки. – СПб., ГУАП, 2014. – С. 181-185.
4. Новикова Е.Л., Кобяков А.А., Ямщиков Ю.А. Определение необходимого объема диагностического тестирования программного обеспечения бортовых вычислительных систем. // Изв. ГУАП: Аэрокосмическое приборостроение. – 2013 – Вып. 4. – С. 45-54. ■

Бурное развитие методов и средств искусственного интеллекта (ИИ) приводит к тому, что некоторые виды труда, традиционно считавшиеся человеческими, становятся доступными ЭВМ. Творческие способности человека, такие как опыт, интуиция, профессионализм и т. п., которые всегда считались трудноформализуемыми, в настоящее время вполне успешно перекладываются на машинный язык. Достаточно вспомнить игру человека и ЭВМ в шахматы. На наших глазах происходит постоянное соревнование естественного (человеческого) и искусственного (машинного) интеллектов, причем целый ряд исследователей считает, что искусственный интеллект рано или поздно победит.

Необходимо отметить одно существенное обстоятельство, а именно: искусственный интеллект, каким бы совершенным он ни был, является результатом человеческой деятельности. И, по мнению автора статьи, это обстоятельство будет доминировать всегда.

Одним из направлений применения методов и средств ИИ являются экспертные системы (ЭС), которые получили широкое распространение [1,2,3].

ЭС – это система искусственного интеллекта, способная в данной предметной области эффективно заменить эксперта – человека как лица, принимающего решение (ЛПР). В узком смысле слова – это программа-решатель.

ЭС прошли достаточно долгий путь развития, чтобы можно было сделать некоторые выводы по эффективности их использования.

Наиболее эффективными ЭС оказались в тех областях, где имеется большая статистическая выборка, например, в медицине [4]. Это связано с многочисленным контингентом болеющих и сравнительно небольшим количеством объективных признаков конкретной болезни.

В деятельности руководящего звена судостроительных предприятий процессы принятия решений занимают доминирующее место. В данном случае речь не идет о замене ЛПР экспертной системой. Как показано ниже, участие экспертов в формировании экспертного решения достаточно велико, а в некоторых случаях оно является определяющим. Поэтому можно говорить об интеллектуальной поддержке ЛПР, за которым остается окончательное решение.

Внедрение ЭС идет по двум основным направлениям. *Первое направление* представлено системами информационной поддержки корабельных специалистов в аварийных ситуациях и при борьбе за живучесть корабля [5,6]. *Второе направление* связано с созданием бортовых тренажеров [7,8].

Новый импульс развития ЭС получили с внедрением таких интеллектуальных средств идентификации, как генетические алгоритмы, нейронные сети и нечеткая логика [4,9,10,11]. Покажем применение моделей нечеткой логики на примере процесса принятия решений, когда ЛПР имеет несколько вариантов и необходимо выбрать один из них. Пример носит методический характер.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим достаточно распространенную ситуацию, когда коллектив или группа специалистов предлагает себя в качестве исполнителей научно-исследовательской работы (НИР).

ЛПР имеет при этом три варианта решения: принять предложение, отправить предложение на доработку или отклонить. Пусть коллектив специалистов характеризуется следующими характеристиками (переменными модели):

- количество специалистов, которые примут участие в работе – x_1 (от 2 до 10);

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В.В. Кобзев, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник – зам. начальника отдела АО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 610 1109

- количество специалистов, имеющих ученые степени – x_2 (от 0 до 3);
- количество подобных работ, которые были выполнены данным коллективом ранее – x_3 (от 0 до 5);
- количество авторских свидетельств, патентов, полезных моделей, полученных членами коллектива – x_4 (от 0 до 7);
- наличие научно-технического задела по предлагаемой работе в условных единицах – x_5 (от 0 до 20);
- актуальность темы предлагаемой НИР – x_6 (от 50 до 100);
- новизна предлагаемой НИР – x_7 (от 30 до 100);
- вероятность своевременного выполнения НИР – x_8 (от 0,5 до 1,0);
- наличие ресурсов, необходимых для выполнения НИР – x_9 (от 25 до 100);
- качество технического предложения на выполнение НИР – x_{10} (от 40 до 100).

Все перечисленные характеристики даны в условных единицах.

Примем следующие обозначения: d_1 – принять, d_2 – отправить на доработку; d_3 – отклонить; $x = f_x(x_1 \div x_5)$; $y = f_y(x_6 \div x_{10})$; $d = f_d(x, y)$. Разделение переменных x на две группы сделано с целью упрощения записи нечетких логических уравнений.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Характеристики ($x_1 \div x_{10}$) будем рассматривать как лингвистические переменные. Возможные решения также будем считать лингвистическими переменными.

Дерево логического вывода в соответствии с выражениями

$$d = f_d(x, y), \quad (1)$$

$$x = f_x(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5), \quad (2)$$

$$y = f_y(x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}), \quad (3)$$

показано на рис. 1.

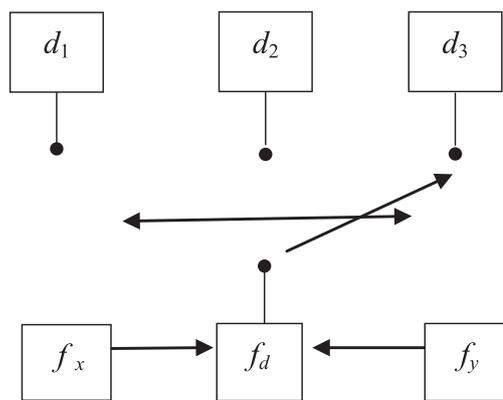


Рис. 1. Дерево логического вывода

Для количественной оценки лингвистических переменных будем использовать единую шкалу уровня качественных термов: низкий – Н, ниже среднего – нС, средний – С, выше среднего – вС, высокий – В.

На основе экспертных оценок представим соотношения (1), (2) и (3) в виде табл. 1, 2 и 3.

Используя табл. 1–3 и операции дизъюнкции и конъюнкции, опишем систему нечетких логических уравнений,

Таблица 1
Знания экспертов о соотношении (1)

x	y	d	Весы правил
С вС нС	С нС С	d_1	1,000 1,000 1,000
нС С вС	вС В нС	d_2	1,000 1,000 1,000
н С вС	н вС С	d_3	1,000 1,000 1,000

Таблица 2
Знания экспертов о соотношении (2)

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x	Весы правил
С нС С	В нС С	С н н	вС вС вС	вС вС С	н	1,000 1,000 1,000
С С С	нС н вС	н С нС	В вС вС	вС нС С	нС	1,000 1,000 1,000
вС С нС	вС вС С	нС С нС	С С С	вС вС В	С	1,000 1,000 1,000
С вС В	вС нС нС	н нС С	вС С вС	С н нС	вС	1,000 1,000 1,000
н С В	С С С	н нС С	вС С В	вС С нС	В	1,000 1,000 1,000

Таблица 3
Знания экспертов о соотношении (3)

x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	y	Весы правил
С вС В	С нС н	В В С	С С С	С нС н	н	1,000 1,000 1,000
С вС С	н н н	нС В В	нС С нС	С С С	нС	1,000 1,000 1,000
нС С вС	С нС н	вС вС В	В нС С	С С С	С	1,000 1,000 1,000
В вС В	н нС С	вС В В	вС В В	вС С вС	вС	1,000 1,000 1,000
н С В	С С С	В н В	вС С С	В С н	В	1,000 1,000 1,000

которые связывают функции принадлежности решений и входные переменные.

Для лингвистической переменной d :

$$\begin{aligned} \mu(d_1) &= [\mu^C(x) \times \mu^C(y)] \vee [\mu^{вС}(x) \times \mu^{нС}(y)] \vee [\mu^{нС}(x) \times \mu^C(y)]; \\ \mu(d_2) &= [\mu^{нС}(x) \times \mu^{вС}(y)] \vee [\mu^C(x) \times \mu^B(y)] \vee [\mu^{вС}(x) \times \mu^{нС}(y)]; \\ \mu(d_3) &= [\mu^H(x) \times \mu^H(y)] \vee [\mu^C(x) \times \mu^{вС}(y)] \vee [\mu^{вС}(x) \times \mu^C(y)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Для лингвистической переменной x :

$$\begin{aligned} \mu^H(x) &= [\mu^C(x_1) \times \mu^B(x_2) \times \mu^C(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^{вС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^{нС}(x_1) \times \mu^{нС}(x_2) \times \mu^H(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^{вС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^{нС}(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^C(x_5)]; \\ \mu^{нС}(x) &= [\mu^C(x_1) \times \mu^{нС}(x_2) \times \mu^H(x_3) \times \mu^B(x_4) \times \mu^{вС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_1) \times \mu^H(x_2) \times \mu^C(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^{нС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_1) \times \mu^{вС}(x_2) \times \mu^{нС}(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^C(x_5)]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu^C(x) &= [\mu^{вС}(x_1) \times \mu^{вС}(x_2) \times \mu^{нС}(x_3) \times \mu^C(x_4) \times \mu^{вС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_1) \times \mu^{вС}(x_2) \times \mu^C(x_3) \times \mu^C(x_4) \times \mu^{нС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^{нС}(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^{нС}(x_3) \times \mu^C(x_4) \times \mu^B(x_5)]; \quad (5) \\ \mu^{вС}(x) &= [\mu^C(x_1) \times \mu^{вС}(x_2) \times \mu^H(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^C(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^{вС}(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^{нС}(x_3) \times \mu^C(x_4) \times \mu^H(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^B(x_1) \times \mu^{нС}(x_2) \times \mu^C(x_3) \times \mu^{нС}(x_4) \times \mu^{нС}(x_5)]; \\ \mu^B(x) &= [\mu^H(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^H(x_3) \times \mu^{вС}(x_4) \times \mu^{вС}(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^B(x_3) \times \mu^C(x_4) \times \mu^C(x_5)] \vee \\ &\vee [\mu^B(x_1) \times \mu^C(x_2) \times \mu^C(x_3) \times \mu^B(x_4) \times \mu^{нС}(x_5)]. \end{aligned}$$

Для лингвистической переменной y :

$$\begin{aligned} \mu^H(y) &= [\mu^C(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^{нС}(x_6) \times \mu^{нС}(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^{нС}(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^B(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^C(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^H(x_{10})]; \quad ; \\ \mu^{нС}(y) &= [\mu^C(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^{нС}(x_8) \times \mu^{нС}(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^{вС}(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^{нС}(x_9) \times \mu^C(x_{10})]; \quad ; \\ \mu^C(y) &= [\mu^{нС}(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^{вС}(x_8) \times \mu^B(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_6) \times \mu^{нС}(x_7) \times \mu^{нС}(x_8) \times \mu^{вС}(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^{вС}(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^C(x_{10})]; \quad (6) \\ \mu^{вС}(y) &= [\mu^B(x_6) \times \mu^H(x_7) \times \mu^{вС}(x_8) \times \mu^{вС}(x_9) \times \mu^{вС}(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^{вС}(x_6) \times \mu^{нС}(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^B(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^B(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^B(x_9) \times \mu^{вС}(x_{10})]; \\ \mu^B(y) &= [\mu^H(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^{вС}(x_9) \times \mu^B(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^C(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^H(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^C(x_{10})] \vee \\ &\vee [\mu^B(x_6) \times \mu^C(x_7) \times \mu^B(x_8) \times \mu^C(x_9) \times \mu^H(x_{10})]. \end{aligned}$$

ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Физически функция принадлежности $\mu^T(x)$ характеризует субъективную меру (в диапазоне $[0, \dots, 1]$) уверенности эксперта в том, что четкое значение x соответствует нечеткому терму T , где T принимает значения н, нС, С, вС, В. Широкое распространение получили треугольные, трапециевидные и колоколообразные функции принадлежности. Их параметры позволяют менять форму функций.

В работе [4] предложена простая и удобная для настройки аналитическая модель функций принадлежности переменной x произвольному нечеткому терму T :

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (7)$$

где b и c – параметры настройки, b – координата максимума функции $\mu^T(b) = 1$; c – коэффициент концентрации – растяжения функции.

Для терма T число b представляет собой наиболее возможное значение переменной x . Необходимо отметить два обстоятельства, которые влияют на достоверность принятого решения. Первое из них связано с указанием весов правил, которые в табл. 1–3 приняты равными единице. Второе заключается в том, что каждая переменная $x_1 \div x_{10}$ имеет свои функции принадлежности нечетким термам (н, нС, С, вС, В), которые используются в уравнениях (4)–(6).

В нашем случае воспользуемся аналитической моделью функций принадлежности (7) с параметрами, представленными в табл. 4.

Таблица 4

Параметры функций принадлежности

Терм	Н	нС	С	вС	В
<i>b</i>	0	1	2	3	4
<i>c</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Модель функций принадлежности в нашем случае будет иметь следующий вид:

$$\mu^j(u_i) = \frac{1}{1 + (u_i - b)^2}, \quad (8)$$

где $j = Н, нС, С, вС, В; i = 1 \div 10$.

Поскольку переменные x_i имеют разные диапазоны изменения, они приведены к единому универсальному диапазону [0, ..., 4] с помощью формулы [4]:

$$u_i = 4 \times \frac{x_i - x_j}{x_i - x_j}. \quad (9)$$

Алгоритм выбора решения в общем виде состоит из четырех этапов.

На *первом этапе* фиксируем значения факторов, определяющих процесс принятия решения:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_{10}). \quad (10)$$

На *втором этапе*, используя модель (7) и параметры b и c из табл. 4, определяем значения функций принадлежности $\mu^j(u_i)$ для фиксированных значений переменных x_i . Значения u_i определяем по формуле (9).

На *третьем этапе* на основе логических уравнений (4)–(6) вычисляем значения функций принадлежности $\mu^j(x)$, $\mu^j(y)$ и $\mu^j(d)$ для возможных решений d_1, d_2, d_3 . При этом логические операции И (\wedge) и ИЛИ (\vee) над функциями принадлежности заменяются операциями \min и \max :

$$\begin{aligned} \mu(a) \wedge \mu(b) &= \min[\mu(a), \mu(b)]; \\ \mu(a) \vee \mu(b) &= \max[\mu(a), \mu(b)]. \end{aligned} \quad (11)$$

На *четвертом этапе* определяем решение d_j , для которого:

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_{10}) = \max[\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_{10})]. \quad (12)$$

РЕШЕНИЕ

Конкретные значения характеристик x_i и значения функций принадлежности $\mu^j(u_i)$, вычисленные по формуле (8), приведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения функций принадлежности

№	x_i	u_i	$\mu^H(x_i)$	$\mu^{нС}(x_i)$	$\mu^С(x_i)$	$\mu^{вС}(x_i)$	$\mu^В(x_i)$
1	6	2,00	0,20	0,50	1,00	0,50	0,20
2	2	2,66	0,12	0,25	0,66	0,90	0,59
3	3	2,40	0,14	0,33	0,86	0,73	0,27
4	4	2,30	0,16	0,37	0,91	0,66	0,25
5	15	3,00	0,10	0,20	0,50	1,00	0,50
6	70	1,60	0,27	0,71	0,63	0,33	0,14
7	50	1,10	0,45	1,00	0,55	0,21	0,10
8	0,7	1,60	0,27	0,71	0,63	0,33	0,14
9	30	0,30	0,99	0,66	0,25	0,12	0,10
10	50	0,66	0,60	0,90	0,37	0,15	0,10

В соответствии с табл. 5 имеем:

$$\begin{aligned} \mu^H(x) &= 1,00 \times 0,59 \times 0,86 \times 0,66 \times 1,00 \vee 0,50 \times 0,25 \times \\ &\times 0,14 \times 0,66 \times 1,00 \vee 1,00 \times 0,66 \times 0,33 \times 0,66 \times 0,50; \\ \mu^H(x) &= 0,59 \vee 0,14 \vee 0,33 = 0,59. \end{aligned}$$

Аналогично будем иметь:

$$\begin{aligned} \mu^{нС}(x) &= 0,33; \\ \mu^С(x) &= 0,86; \\ \mu^{вС}(x) &= 0,20; \\ \mu^В(x) &= 0,27; \\ \mu^H(y) &= 0,14; \\ \mu^{нС}(y) &= 0,37; \\ \mu^С(y) &= 0,33; \\ \mu^{вС}(y) &= 0,12; \\ \mu^В(y) &= 0,25. \end{aligned}$$

Функции принадлежности решений

$$\begin{aligned} \mu(d_1) &= 0,33; \\ \mu(d_2) &= 0,25; \\ \mu(d_3) &= 0,20. \end{aligned}$$

По максимуму функции принадлежности выбирается вариант решения d_1 – принять техническое предложение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход дает возможность автоматизировать процесс принятия решений, что особенно важно при большом числе переменных. Несмотря на нечеткость исходных уравнений, результат получается детерминированным. Постановка задачи может быть самой различной, так же как перечень переменных и их физическая природа.

Главной проблемой является наличие экспертов, которые определяют перечень учитываемых переменных и оценивают уровень качественных термов.

Для повышения достоверности результата переменным можно придавать веса, так же как и правилам.

Другим распространенным вариантом является выбор предпочтительного технико-коммерческого предложения из нескольких, участвующих в конкурсе. Несмотря на то, что в данном случае число переменных будет гораздо больше и появятся стоимостные характеристики, метод формализации принятия решения не изменится. В качестве примера программной оболочки можно отметить программу *FUZZY EXPERT* авторов А. П. Ротштейна и Д. И. Кательникова [4], которая предназначена для проектирования и настройки экспертных систем, функционирующих на базе моделей нечеткой логики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Э. В. Экспертные системы. – М.: Наука. 1987. – 288 с.
2. Кобзев В. В. Морские экспертные системы // Судостроение. – 1991. – № 1. – С. 25–27.
3. Кобзев В. В. Экспертные системы военного назначения // Техника и вооружение. – 1989. – № 2. – С. 8–9.
4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации. – Винница: Универсум. – 1999. – 320 с.
5. Кобзев В. В. Фреймовые модели знаний в корабельных системах информационной поддержки. – В сб.: «200 лет служения России». – СПб.: Изд. ВВМИУ. – 1998. – С. 153–157.
6. Лебедев В. А. Атомная энергетическая установка как объект представления знаний в системе интеллектуальной поддержки оператора. – В сб.: «200 лет служения России». – СПб.: ВВМИУ. – 1998. – С. 135–141.
7. Кобзев В. В. Интеллектуальный тренажер на борту судна // Судостроение. – 1994. – № 4. – С. 23–27.
8. Кобзев В. В., Шилов Д. К. Тренажер на борту корабля // Морской вестник. – 2015. – № 3 (55). – С. 79–80.
9. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Фёдоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
10. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. – В кн.: «Вопросы анализа и процедуры принятия решений». – М.: Мир, 1976, с. 172–215.
11. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с. ■

Реализация национальной морской политики России, безопасность государства с океанских и морских направлений, охрана морских границ зависит от морского потенциала Российской Федерации [1], в том числе достижений отечественной морской науки, фундаментальных и прикладных исследований и разработок, связанных с морской деятельностью.

Одним из актуальных аспектов морской деятельности является обеспечение широкого использования беспилотных технологий, морских робототехнических систем и комплексов, в том числе автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА).

Сфера применения АНПА в интересах военно-морского флота постоянно расширяется, появляются новые задачи, совершенствуются методы и технологии их использования. В настоящее время к основным военным задачам, решаемым АНПА, относят [2]:

- противоминную борьбу в районах портов, военно-морских баз и др.;
- противолодочную оборону;
- обеспечение безопасности на море, включая защиту морской инфраструктуры от диверсионных и террористических действий;
- проведение разведывательных мероприятий;
- океанографические исследования и наблюдения в интересах ВМФ;
- скрытное оборудование акваторий техническими средствами наблюдения, навигации и связи.

Решение военных задач накладывает жесткие ограничения на технологии информационного обеспечения АНПА океанографическими данными, так как вследствие специфики условий применения подводной техники возникает потребность в использовании недемаскирующих способов получения информации о природной среде.

Развитие автоматизированных систем управления и навигации (АСУН) АНПА идет по пути интеллектуализации, которая подразумевает способность системы управления осуществлять функции анализа общей обстановки, ориентирования на местности, сбора и накопления разнообразной информации [3].

В общем случае возможны три вида источников данных о среде: бортовые измерители, внешние информационные системы и автономные базы океанографических параметров (рис. 1). Достоинства и недостатки каждого из них очевидны, необходимо только особо отметить, что для АНПА, применение которых в военных целях носит скрытный характер, использование информации от внешних источников зачастую невозможно, а применение активных бортовых средств измерений (например, эхо-

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИМИ ДАНЫМИ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

А.Ф. Зеньков, ген. директор,
С.И. Мastroков, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник,
П.Г. Бродский, д-р воен. наук, проф., директор по развитию,
В.Ю. Бахмутов, канд. воен. наук., начальник отдела,
АО «ГНИНГИ»,
контакт. тел. (812) 322 2113

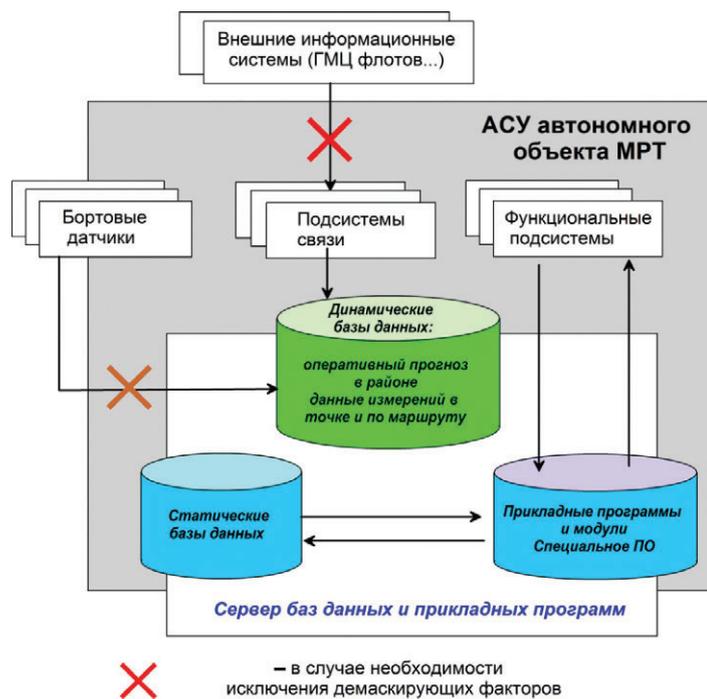


Рис. 1. Возможные пути информационной поддержки АНПА информацией о среде

лотов) может быть ограничено.

Следовательно, принципиальное значение имеет степень информационной автономности подводного робота, т.е. способность самостоятельно действовать в неизвестной или недостаточно определенной среде [3]. АНПА могут применяться практически в любом районе Мирового океана на большом удалении от ВМБ и пунктов базирования ВМФ, при этом эффективность их действий в значительной степени будет зависеть от качества информации о состоянии природной среды и уровня развития автономных цифровых технологий информационной поддержки. В этих условиях весьма велика роль океанографических баз данных, которые могут быть загружены в бортовую систему управления на этапе предвари-

тельной подготовки и использоваться для выработки управляющих воздействий на движительно-рулевой комплекс, а также при применении оружия и технических средств.

Для обеспечения безопасности плавания и эффективного решения поставленных задач возникает необходимость использования информации о среде глобального охвата, высокого пространственного и временного разрешения, широкого состава параметров. Критически важное значение имеет целостность массивов океанографической информации, возможность ее получения и автоматической обработки при нахождении в любой географической точке в любой момент времени.

Этим требованиям отвечают сеточные массивы океанографических дан-

Зарубежные системы оперативной океанологии [4]

Государство	Название системы/URL
Австралия	BLUElink/http://www.bom.gov.au/oceanography/forecasts/system-info.shtml
Канада	CONCEPTS/http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/oceanography-oceanographie/index-eng.html
Великобритания	FOAM/http://oceanprediction.org
США	NAVO/HYCOM, NCOM/https://hycom.org
	NOAA/NCEP – RTOFS/http://polar.ncep.noaa.gov/ofs
Франция	Mercator Ocean/https://www.mercator-ocean.fr
Италия	MFS/http://gnoo.bo.ingv.it/mfs
Япония	MOVE/MRI/http://www.mri-jma.go.jp
Китай	NMEFC/http://english.nmefc.gov.cn
Бразилия	REMO/http://www.rederemo.org
Норвегия	TOPAZ/http://topaz.nersc.no
Индия	INCOIS/INDOFOS/http://www.incois.gov.in/portal/osf/osf.jsp

Таблица 2

Базы данных по природной среде ВМС США

Базы данных океана
Геофизическая база данных (Geophysical Data Base)
Цифровая модель рельефа дна переменного разрешения (Ocean Floor Depth Digital Bathymetric Data Base Variable Resolution – DBDB-V)
База данных ледяного покрова (Icecap Data Base)
Цифровая модель рельефа дна полуминутного разрешения (Ocean Floor Depth Digital Bathymetric Data Base One- Half Minute Resolution – DBDB-0.5)
Метеорологические базы данных
Сеточная климатическая база по морской метеорологии (Surface Marine Gridded Climatology (SMGC) Data Base)
Сеточная климатическая база аэрологических данных (Upper Air Gridded Climatology (UAGC) Data Base)
База данных по траекториям тропических циклонов (Global Tropical Cyclone Tracks (GTCT) Data base)
База данных по траекториям внетропических циклонов в северном полушарии (Northern Hemisphere Extratropical Cyclone Tracks Data Base)
Базы акустических данных океана
База донных потерь на высоких частотах (High-Frequency Bottom-Loss (HFBL) Data Base).
База донных потерь на низких частотах (Low-Frequency Bottom-Loss (LFBL) Data Base).
Обобщенная цифровая модель гидрофизических параметров (Generalized Digital Environmental Model (GDEM) Data Base)
База данных шумов кораблей (Shipping Noise (SN) Data Base)
База шумов от ветра и остаточных шумов (Wind And Residual Noise (WRN) Data Base)
База исторических данных по интенсивности судоходства (Historical Temporal Shipping (HITS) Data Base).
База данных по объёмному рассеянию (Volume Scattering Strength (VSS) Data Base).
Vertical Line Array DIFAR (VLAD) Noise Gain Data Base.
Базы электромагнитных данных
База исторических данных по условиям распространения ЭМИ (Historical Electromagnetic Propagation Conditions (HEPC) Data Base)

ных, которые применительно к АНПА могут включать:

1. цифровые модели рельефа дна (ЦМРД);
2. цифровые модели физических полей Земли (ФПЗ), прежде всего магнитного поля;
ЦМРД и ФПЗ могут использоваться для ориентирования АНПА в пространстве и обеспечения навигации путем измерения соответствующих параметров или применения алгоритмов технического зрения, а также для обнаружения подводных объектов путем сравнения характеристик измеренного и загруженного в АСУН полей;
3. базы данных гидрофизических параметров (температура, солёность, плотность, скорость звука, скорость и направление течений). Знание гидрофизических параметров необходимо для решения гидроакустических задач, например, вычисления дальности действия гидроакустических средств (ГАС) и расчета возможного изменения вектора движения подводных объектов под воздействием течений;
4. информацию по уровню моря (приливам). Предвычисление приливов необходимо для управления движением АНПА в вертикальной плоскости, особенно в мелководных районах, а также при выполнении гидрографических исследований;
5. ледовую информацию.

СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОЛОГИИ

Поскольку климатическая информация (фоновые условия среды) не способна в полной мере отразить реальное состояние физических полей океана малых масштабов изменчивости, во всем мире предпринимаются усилия для создания систем оперативной океанологии (СОО), призванных прогнозировать состояние природной среды Мирового океана. Необходимость создания такой системы в ВМФ России давно назрела и осознана на самом высоком уровне.

Оценивая зарубежный опыт в данной области, можно отметить, что еще в 1992 г. в ВМС США в рамках работ по развитию СОО была поставлена задача создания библиотеки цифровых моделей (ЦМ) и сеточных баз (СБ) показателей состояния природной среды климатического характера.

В настоящее время системы оперативной океанологии функционируют в 11 странах мира (табл. 1).

В табл. 2 приведен состав некоторых баз данных, входящих в состав библиотеки баз данных о состоянии природной среды ВМС США OAML (Oceanographic and Atmospheric Master Library). Кур-

сивом выделены базы данных, которые могут представлять наибольший интерес для информационного обеспечения АНПА.

Существует и еще одна библиотека баз геофизических данных и специальных программ Geophysics Fleet Mission Program Library (GF MPL).

Именно компоненты этих библиотек являются кирпичиками, лежащими в основе систем информационной поддержки решения различных задач в области военно-морской деятельности.

За ведение и актуализацию этих баз отвечает военно-морской океанографический офис (NAVO) ВМС США.

Также в США существует и поддерживается большая группа специализированных баз акустических, аэрологических, геологических и иных данных.

В России система оперативной океанологии глобального охвата пока отсутствует, существуют только региональные варианты. Например, в Морском гидрофизическом институте РАН (г. Севастополь) функционирует региональная СОО для Черного моря.

В сложившихся условиях актуальность развития отечественной системы оперативной океанологии и формирования библиотеки баз океанографических данных глобального охвата и высокого пространственного разрешения подчеркивается логикой развития ВМФ и сомнений не вызывает [4].

Рассмотрим более подробно методы и технологии информационной поддержки АНПА.

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ДНА

Необходимо отметить, что представление информации о рельефе в виде цифровой модели (ЦМР) используется уже более 50 лет, с 60-х гг. XX в. Для суши существует огромное количество данных дистанционного зондирования, на основании которых с использованием штатных возможностей геоинформационных систем можно построить ЦМР. Под водой ситуация принципиально иная, так как в настоящее время в мире не существует единого сплошного покрытия высокого пространственного разрешения на значимые по площади районы Мирового океана. Даже на прибрежную зону, по крайней мере в России, данных, полученных с помощью многолучевых эхолотов, явно недостаточно.

В свободном доступе находится глобальная цифровая модель рельефа GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) [5], которая представляет собой общедоступную батиметрическую карту Мирового океана с сеткой 30 угл. сек. (около 900 м), разработанную под совместным наблюдением Международной гидрографической организации (МГО) и Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО.

На акватории Северного Ледовитого океана усилиями 24 научных организаций из 10 стран (России, Канады, Дании, Германии, Исландии, Италии, Норвегии, Испании, Швеции и США) разработана модель IBСАО v. 3 (International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean) [6] с сеткой 500 м. Но даже в актуальной версии 3.0 площадь, охваченная многолучевыми обследованиями, составляет не более 11%.

Очевидно, что для использования в целях навигации АНПА по рельефу

дна указанные ресурсы непригодны, поэтому актуальной является задача построения ЦМРД на оперативно-важные с точки зрения ВМФ районы Мирового океана.

Существует несколько способов построения ЦМРД:

- оцифровка имеющихся типографских батиметрических и морских навигационных карт (МНК) и дальнейшей интерполяции результатов разработанными специально для этой цели алгоритмами;

- создание регулярных и нерегулярных моделей на основе фактографического материала в виде первичных данных в цифровом формате и оцифровки планшетов систематического и маршрутного промеров;

- на основе совмещения первых двух методов;

- способ навигационной поверхности.

В АО «ГНИНГИ» реализуется технология построения собственной цифровой модели рельефа дна Северного Ледовитого океана, основанная на согласовании данных разнородных съёмок путем введения в данные с меньшим уровнем достоверности проинтерполированных геостатистическими методами поправок, выявленных на основе невязок пересечения поверхностей, образованных по данным съёмки рельефа дна разных уровней достоверности (приоритетности) [7]. Важнейшей информационной основой технологии являются данные многолучевой съёмки рельефа морского дна объемом более 32 тыс. лин. км, полученные в ходе высокоширотных экспедиций по обоснованию внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктике в 2010–2014 гг.

Разработанная ЦМРД российского сектора Центрального Арктического бассейна (рис. 2) включает следующие данные:

- рельеф морского дна;
- углы наклона дна (первая производная рельефа);

- экспозиция (азимут наибольшего наклона);
- вертикальная расчлененность рельефа;
- горизонтальная расчлененность рельефа;
- региональная погрешность построения ЦМРД.

Как известно, сеточные массивы ЦМРД представляют собой набор дискретных точек со средними значениями глубин в ячейках. Несмотря на то, что данные по рельефу суши давно и успешно используются для обеспечения полетов крылатых ракет (КР), напрямую переносить методы навигации КР на навигацию АНПА некорректно, прежде всего потому, что, как правило, у оператора отсутствует достоверная и достаточная по разрешению информация по рельефу дна предполагаемого района применения подводного робота.

Для обеспечения подводной навигации необходимо знание специфических параметров, рассчитанных по гладкой функции, описывающей рельеф. Для решения этой задачи применяется технология автоматизированного построения рельефа дна, основанная на выявлении топологических свойств рельефа и специальных методах обработки исходных данных, которые позволяют выявлять его структурные линии (точки вершин, впадин, перевалов, линии тальвегов и хребтов) [8].

Технология легко адаптируется к решению широкого спектра задач и может быть с успехом применена как для создания цифровых карт предполагаемых районов действий и маршрутов развертывания АНПА, так и для проверки корректности и степени сходства карт рельефа, построенных различными методами.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

На современном этапе развития средств навигации для роботизированных морских объектов важней-

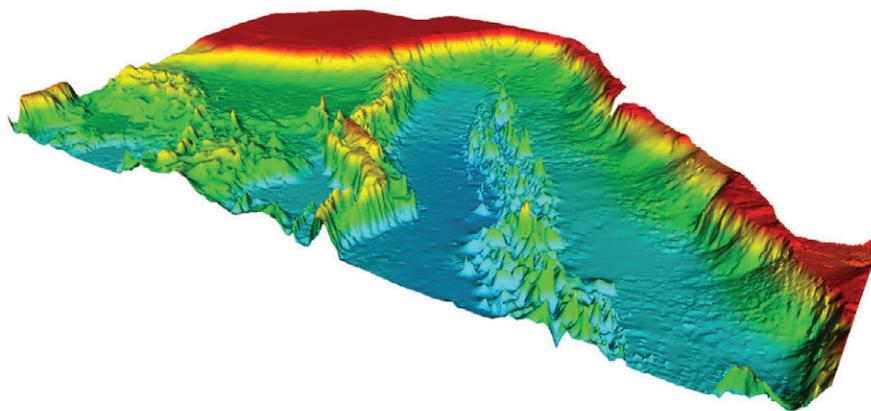


Рис. 2. Версия ЦМРД российского сектора Арктики на основе данных ГС ВМФ и результатов многолучевой съёмки рельефа дна

шей задачей является повышение их точности, надежности, а для АНПА и скрытности использования. Из всех известных средств навигации этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют инерциальные навигационные системы (ИНС), способные автономно вырабатывать практически все основные навигационные и динамические параметры. Однако погрешности навигационных параметров со временем растут, что связано с дрейфом гироскопов и несовершенством акселерометров. Это ведет к необходимости периодической коррекции возникающих погрешностей. Анализ существующих методов коррекции показал, что практически единственным недемаскирующим АНПА методом является коррекция навигационных параметров по физическим полям Земли.

Из трех основных физических полей Земли (магнитного, гравитационного и поля рельефа) магнитное обладает наибольшей навигационной информативностью. По магнитному полю можно уточнять координаты объекта с точностью единиц или десятков метров.

К сожалению, существующие морские магнитометры пока не могут обеспечить такие точности, поскольку для исключения воздействия на их работу магнитного поля самого объекта датчики приходится буксировать за объектом на расстоянии 100–200 м. Однако развитие магнитометрии и вычислительной техники постепенно открывает новые возможности в создании магнитометрических систем, способных работать в условиях магнитных помех объекта т. е. непосредственно внутри корпуса АНПА.

Известны две группы методов определения координат места подвижного морского объекта по магнитному полю Земли (МПЗ). В основе *первой группы* лежит использование распределения нормальной составляющей МПЗ. Эти методы не требуют предварительной магнитной съемки Земли, но погрешность определения места объекта может достигать 10 км. Более информативными являются методы *второй группы*, использующие аномалии МПЗ. Эти методы основаны на сопоставлении измеренных в процессе наблюдения параметров магнитного поля с их заранее определенными значениями. Градиенты аномального поля колеблются в чрезвычайно широких пределах, в среднем около 40 нТл на 1 км. Вертикальная составляющая градиента достигает тысяч нТл [9].

Таким образом, наличие в контуре АСУН АНПА информации по параметрам МПЗ и его аномалиям может существенно повысить точность

выработки навигационных данных без использования демаскирующих средств коррекции. Магнитометрический метод определения координат является в некоторой степени альтернативой спутниковой навигационной системе и обладает следующими положительными особенностями:

- недемаскирующим характером работы;
- возможностью работы как по МПЗ, так и по искусственным магнитным ориентирам;
- значительной устойчивостью и помехозащищенностью;
- долговечностью использования «магнитных полигонов» и возможностью их наращивания.

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Вектор скорости АНПА под водой в трехмерном пространстве, его перемещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях изменяется под воздействием течений, приливо-отливных явлений, а также других факторов морской среды.

Из-за значительной пространственной и временной изменчивости структуры и динамики водных масс и масштабов природных явлений, происходящих в океане, определить достоверное влияние подводной среды на АНПА в ближайшей перспективе не представляется возможным.

Вместе с тем, используя современные алгоритмы обработки гидрофизической информации, можно оценить степень неопределенности положения АНПА в пространстве вследствие воздействия переменной морской среды, для чего в вычислительном комплексе АСУН АНПА необходимо иметь информацию по скорости и направлению течений. Температура и соленость морской воды определяют дальность действия ГАС АНПА и нужны для решения гидроакустических задач. Следовательно, массив гидрофизической информации является одним из важных элементов информационного обеспечения подводных робототехнических комплексов.

Система международного обмена океанографическими данными (МООД) функционирует в рамках Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО на базе международных, национальных и ведомственных центров данных. Поставщиком этих данных для международного океанографического сообщества является Национальный центр океанографических данных США.

Доля отечественных наблюдений в этом массиве составляет около 8%, доля гидрофизической информации ГС ВМФ – не более 1%, а это означает, что

без международных ресурсов построить собственную базу гидрофизических данных ВМФ глобального охвата сегодня невозможно.

Однако на основе системы МООД для информационного обеспечения АНПА могут быть разработаны сеточные массивы гидрофизической информации, технология создания которых состоит из следующих этапов (рис. 3):

- создание интегрированных БД;
- проектирование сеток, интерполяция в узлы сеток;
- контроль качества (на дубли, по скорости судна, на климатические пределы, выбросы, инверсию плотности и др.);
- статистическая обработка;
- объективный анализ: осреднение гидрофизических параметров в пределах верхнего перемешанного слоя, интерполяция методом кригинга, фильтрация.

В АО «ГНИНГИ» разработаны концептуальные основы, обобщены международные информационные ресурсы и отработаны *технологии создания сеточных баз по гидрофизике*. На разработанные базы данных получены соответствующие свидетельства о государственной регистрации.

Одним из важных компонентов информационного обеспечения АНПА является информация по приливам, особенно при действиях в мелководных районах Мирового океана и при проведении гидрографических работ. Сейчас учет приливных колебаний в практике навигации и при гидрографических работах возможен только для отдельных береговых точек, на которые имеется информация в таблицах приливов, или для пунктов с известными гармоническими постоянными. При этом экстраполяция точечных значений прилива на открытые акватории неправомерна.

В ГНИНГИ разработана *технология предвычисления приливов на открытых акваториях* (рис. 4) в любой точке на любой момент времени, основанная на численном методе расчета пространственно-временного распределения приливных колебаний по гармоническим постоянным на береговых постах наблюдений. Подробно технология рассмотрена в работе [10].

ВЫВОДЫ

В современных условиях бурного развития автономных необитаемых подводных аппаратов военного назначения создание библиотеки цифровых моделей (сеточных баз) показателей состояния природной среды для ВМФ следует признать приоритетной научной задачей государственного значения.

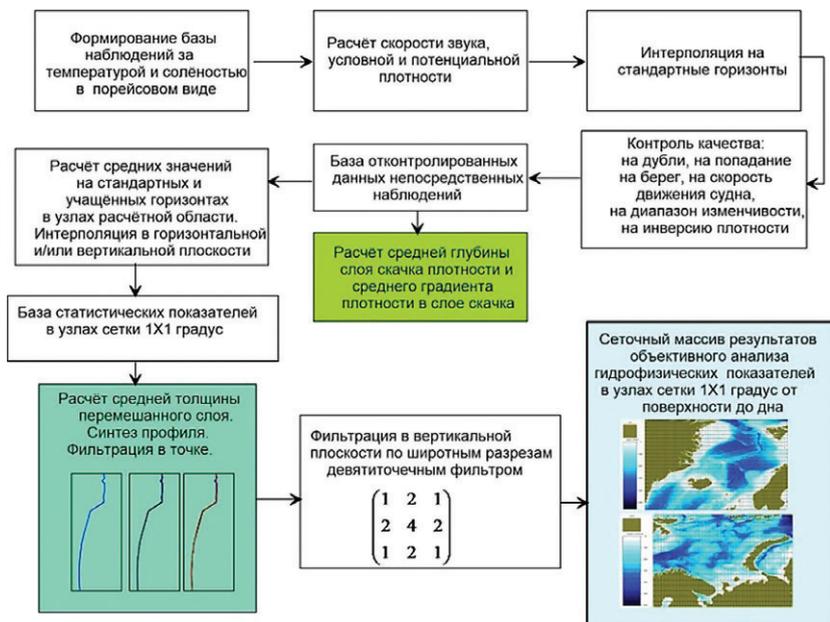


Рис. 3. Технология создания сеточных массивов гидрофизической информации

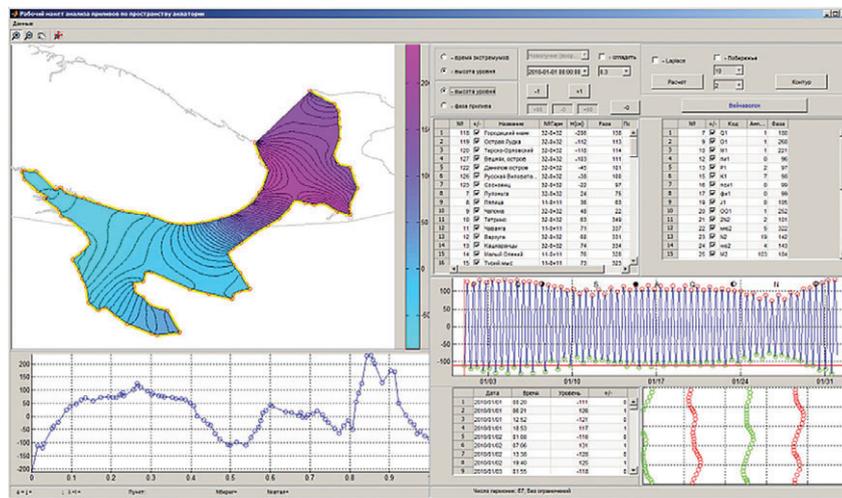


Рис. 4. Программа для предвычисления приливов на открытых акваториях

Мореведческие организации располагают отечественными и международными информационными ресурсами, в том числе по акватории Северного Ледовитого океана и районам, прилегающим к территории России, которые могут быть использованы для создания собственных и уточнения известных цифровых моделей и сеточных БД по-

казателей состояния природной среды глобального охвата.

Разработаны и совершенствуются методы и технологии создания цифровых моделей и сеточных БД показателей состояния природной среды, которые могут быть использованы в интересах информационной поддержки АНПА.

Для создания совершенных технологий обработки данных и разработки полноценной библиотеки цифровых моделей природной среды океана, не уступающих зарубежным информационным системам, необходимы государственно-частное партнерство и кооперация широкого круга научно-исследовательских организаций РАН, Росгидромета и ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина Российской Федерации <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/uAFi5nvux2twaqjftS5yrIZUVTJan77L.pdf>
2. Макаренко С. И. Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития. // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 2. – С. 73–132.
3. Матвиенко Ю. В., Инзарцев А. В., Киселев Л. В., Щербатюк А. Ф. Перспективы повышения эффективности автономных подводных роботов // Изв. ЮФУ. Технические науки. – С. 123–141.
4. Матрюков С. И. Современные тенденции развития ГМО ВМС зарубежных стран в области прогнозирования состояния океана // Записки по гидрографии № 301: Мат-лы науч. конф. «Перспективы развития Гидрографической службы ВМФ до 2030 года». – СПб.: УНиОМО. – 2017. – С. 27–32.
5. Информационный ресурс <https://www.gebco.net>.
6. Информационный ресурс <http://www.ibcao.org>.
7. Гордеева Е. А., Костенич А. В., Колобов Е. В., Кытманов Д. Н., Ставров К. Г. О создании цифровых моделей рельефа дна // Навигация и гидрография. – 2017. – № 50. – С. 59–65.
8. Жуклов Ю. Н. Метод вычисления основных форм поверхности рельефа Земли // Навигация и гидрография. – 2012. – № 34. – С. 65–74.
9. Малеев П. И., Бахмутов В. Ю. Перспективы использования магнитного поля земли для определения координат и скорости автономных необитаемых подводных аппаратов // Навигация и гидрография. – 2017. – № 48. – С. 14–19.
10. Жуклов Ю. Н., Федорова Е. В. Способ прогнозирования высоты уровня моря // Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 28–34. ■

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) RQ-4 «Глоубал Хок» различных модификаций предназначены для ведения воздушной видовой (оптико-электронными и радиолокационными средствами), радиотехнической разведки в целях обеспечения действий ВВС и других видов вооруженных сил на различных театрах военных действий с передачей данных на наземные пункты управления, а также обработки информации в реальном масштабе времени. В настоящее время это единственный серийно выпускаемый высотный разведывательный БПЛА большой продолжительности полета [1].

Принципиальное отличие и преимущество аппарата «Глоубал Хок» перед другими БПЛА – большая высота и длительность полета, составляющие несколько десятков часов, в течение которых он может преодолевать межконтинентальные расстояния. На нем установлены два турбовентиляторных двигателя компании Rolls-Royce типа AE 3007 H, обеспечивающие продолжительность полета до 42 часов. Длина фюзеляжа – 44 фута (13,4 м), размах крыла – 116 футов (35,4 м). Масса без груза – 9200 фунтов (4173 кг). Высота полета – 66 400 футов (20 238 м). Коэффициент относительного удлинения крыла (aspect ratio) составляет 25, а коэффициент аэродинамического качества (lift/drag ratio) равен 33:1. БПЛА может нести нагрузку 862 кг. Все топливо БПЛА находится в крыле и, кроме прямого назначения, используется для охлаждения авионики, которая, в свою очередь, подогревает топливо. Такую схему считают удачным и экономным решением важной задачи поддержания оптимальной температуры как авионики, так и топлива [2].

«Глоубал Хок» создавался как БПЛА быстрого реагирования, который, взлетев по тревоге с территории США, был бы в состоянии преодолеть расстояние 8350 км за 14 часов, затем в последующие 22 часа мог бы вести разведку в заданном районе с высоты 18 км, после чего, пролетев еще около 5 часов, должен был бы совершить посадку на передовой авиабазе (АБ). Первый прототип БПЛА «Глоубал Хок» (№ 95–2001) совершил свой первый полет с АБ Эдвардс 28 февраля 1998 г.

На борту БПЛА установлена разведывательная аппаратура, обеспечивающая сбор данных днем и ночью, в любых погодных условиях, а также система управления полетом.

Стандартный комплект разведсредств БПЛА «Глоубал Хок» включает:

- разведывательную цифровую оптическую камеру высокой разрешающей способности;
- ЭО/ИК-датчик (тепловизионный обнаружитель компании Kodak) с углом обзора по горизонтали 300° и по вертикали 150°;
- РЛС с синтезированной апертурой типа MT1 компании Raytheon, имеющая полосу пропускания 600 МГц.

За 24 часа БПЛА «Глоубал Хок» может пронаблюдать за

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА «ГЛОУБАЛ ХОК» В ИНТЕРЕСАХ ВМС США И ВООРУЖЕННЫХ СИЛ СТРАН НАТО

*Г.П. Дремлюга, канд. воен. наук, начальник отдела АО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. (812) 271 6774*



Рис.1. БПЛА RQ-4 «Глоубал Хок», США, в полете

районом 40 000 кв. миль (109 000 км²), или собрать данные по 1900 точечным объектам. Разрешающая способность составляет 1 м при работе в режиме поиска в широкой полосе, например в полосе 10 км, расположенной параллельно курсу полета в сдвигаемой на 20–200 км, или 0,3 м при работе в режиме точечного поиска на площади 2 км².

РЛС с синтезированной апертурой имеет центральный процессор, включающий в себя 155 сопроцессоров высокой производительности, которые разбивают получаемые РЛС изображения на отдельные элементы и преобразуют их в цифровую форму. Затем эти данные передаются на наземные и корабельные пункты, имеющие незначительное по размерам приемное оборудование. По заявлению представителей корпорации Northrop Grumman, БПЛА RQ-4A – это в настоящее время единственная воздушная платформа, на борту которой осуществляется такое преобразование изображения. Они предполагают, что в будущем многие разработчики РЛС для летательных аппаратов пойдут по такому же пути.

Передача добываемых данных потребителям, а также управление самим аппаратом и его разведывательной аппара-



Рис.2. БПЛА RQ-4 «Глоубал Хок» в разрезе. Хорошо видна антенна связи через ИСЗ, расположенная в носовой части аппарата.



Рис. 3. БПЛА RQ-4 «Глоубал Хок» на взлетной полосе

турой ведется с помощью средств связи в диапазонах X, УВЧ и Ku. Круглая носовая часть «Глоубал Хок» вмещает зеркало антенны связи через ИСЗ диапазона Ku диаметром 48 дюймов (1,22 м). Корпорация Northrop Grumman на период испытаний арендовала спутниковые коммерческие каналы связи этого диапазона, обеспечивающие скорость передачи информации между БПЛА и наземными пунктами 40 Мбит/с.

Система БПЛА «Глоубал Хок» состоит из наземной станции запуска, управления и посадки, а также сети потребителей информации. В отличие от более простых летательных аппаратов БПЛА «Глоубал Хок» оборудован буксируемой ложной целью ALE-50; многодатчиковыми системами; аппаратурой информационной войны (IW).

Вместе с буксируемой ложной целью ALE-50, успешно применявшейся самолетами ВВС США в Югославии, на БПЛА установлен приемник предупреждения об излучениях РЛС и новый постановщик помех, разработанные и построенные компанией Raytheon. В случае облучения аппарата РЛС противника бортовая ЭВМ, до вмешательства наземного оператора, сама решает, ложиться ли на обратный курс, совершать ли маневр уклонения или продолжать выполнение задачи, выпустив буксируемую ложную цель для введения в заблуждение ПВО противника.

В 1999 г. БПЛА «Глоубал Хок» совершил беспосадочный перелет из США к побережью Португалии и обратно, а в апреле 2001 г., – беспосадочный перелет с АБ Эдвардз, штат Калифорния, США, на АБ Эдинбург ВВС Австралии, расположенную в Южной Австралии, покрыв за 23,4 часа расстояние почти 14 000 км. Он принял участие в учениях ВС Австралии и выполнял задачи по наблюдению за малонаселенными участками побережья этой страны (пограничный контроль для предотвращения нелегальной иммиграции, ввоза наркотиков и несанкционированного лова рыбы в морской экономической зоне). Осенью 2003 г. состоялся очередной демонстрационный полет этого БПЛА в Германию и обратно, на базу в Калифорнии.

«Глоубал Хок» введен в состав ВВС США в 2003 г. с дислокацией на АБ Бил (штат Калифорния) вместе с самолетами-разведчиками U-2, которые он в будущем, по заявлению представителей Пентагона, призван заменить. БПЛА «Глоубал Хок» организационно оформляются в эскадрильи.

По данным Пентагона, в составе ВС США планируется иметь 78 БПЛА «Глоубал Хок», из которых 30 будут оборудованы для ведения стратегической радио- и радиотехнической разведки.

До 2001 г. действовал запрет на продажу БПЛА «Глоубал Хок» иностранным государствам. Однако администрация Джорджа Буша, понимая необходимость завоевания этого перспективного рынка, разрешила компании Northrop Grumman в 2002 г. предоставить планер БПЛА «Глоубал Хок» французскому отделению компании EADS для создания

БПЛА «Юрохок» в интересах Германии. По оценке экспертов, наиболее перспективными покупателями БПЛА «Глоубал Хок» является Германия – для создания БПЛА «Юрохок» и замены ими патрульных самолетов ВМС «Атлантик». Покупателями БПЛА «Глоубал Хок» станут также Австралия, Канада, Япония и Англия. Первый полет с комплексом аппаратуры компании EADS, в рамках создания БПЛА «Юрохок», «Глоубал Хок» совершил с АБ Нордхольц (Германия) в конце октября 2003 г. [2].

Потребности ВВС США составляют 55–60 ед. БПЛА «Глоубал Хок», которые будут поступать в вооруженные силы с темпом 5–7 ед. в год.

Для повышения эффективности выполнения задач базовой патрульной авиации ВМС США совместно с новыми многоцелевыми самолетами, создаваемыми в рамках программы MMA (Multimission Maritime Aircraft), предусматривается широкое использование БПЛА. В связи с этим в рамках программы BAMS (Broad Area Maritime Surveillance) разрабатывается аппарат, который позволит вести круглосуточное наблюдение за морской зоной радиусом не менее 3000 км в течение 36 часов и более при высоте патрулирования около 16 км. БПЛА программы BAMS обеспечат ведение разведки, наблюдение и сбор информации на обширном морском пространстве и в прибрежных районах в интересах защиты кораблей и идентификацию целей. Использование таких аппаратов позволит сократить полностью привлекаемые для наблюдения и разведки пилотируемые средства. В рамках программы BAMS должна быть организована защита основных баз ВМС,



Рис. 4. БПЛА RQ-4N, система BAMS

таких как, например, Перл-Харбор, Норфолк, Сан-Диего и др.

В апреле 2008 г. после шестилетней работы по отбору прототипа новой беспилотной системы ВМС США заключили с фирмой Northrop Grumman 89-месячный контракт общей стоимостью 1,164 млрд. долл., предусматривающий разработку и демонстрацию БПЛА на базе аппарата «Глоубал Хок». Новый аппарат RQ-4N будет представлять собой «морскую

версию RQ-4 В «Block 20». В состав бортовой аппаратуры намечено включить РЛС кругового обзора с дальностью действия 200 км, оптико-электронную систему, а также аппаратуру РРТР, связи и ретрансляции.

В общей сложности проект BAMS предусматривает принятие на вооружение 68 БПЛА, которые будут использоваться для морского наблюдения и целеуказания совместно со 108 закупаемыми ВМС самолетами базовой патрульной авиации нового поколения Р-8А «Посейдон». Планируется, что такой тандем позволит заменить существующий парк из 225 устаревших самолетов БПА Р-3С «Орион». Достичь начальной боевой готовности разрабатываемых по программе BAMS средств наблюдения и разведки планировалось к 2014 г.

В настоящее время в связи с необходимостью ведения воздушной разведки с больших высот в ВВС США аппараты «Глоубал Хок» весьма востребованы, в том числе в силу своей экономической эффективности. Отвечая противникам планов ВВС США заменить пилотируемые высотные разведывательные самолеты U-2 беспилотными средствами типа «Глоубал Хок», директор программ высотных систем большой продолжительности полета компании Northrop Grumman сообщил, что стоимость 1 ч полета такого БПЛА составляет 13 тыс. долл., тогда как аналогичный показатель для U-2 равен 23 тыс. Более того, при частичном сокращении расходов на содержание обслуживающего персонала стоимость часа эксплуатации БПЛА «Глоубал Хок» составит около 6 тыс. долл. [1].

Очень большой интерес к БПЛА «Глоубал Хок» был проявлен и странами-членами НАТО. Согласно справочнику Jane's, 4 июня 2015 г. на объекте компании Northrop Grumman в Палмдейле (штат Калифорния) была проведена церемония выкатки первого БПЛА RQ-4 В Block 40 Global Hawk, построенного по программе Allied Ground Surveillance (AGS) (совместное наблюдение за земной поверхностью) стран-участниц НАТО. По контракту, подписанному в мае 2012 г. и стоимостью 1,7 млрд. долл., 15 из 28 стран-участниц НАТО совместно заказали пять БПЛА «Глоубал Хок». Несмотря на то, что в закупке участвуют только 15 стран, оперативной информацией AGS будут пользоваться все страны НАТО. Аппараты будут базироваться на авиабазе Сигонелла на Сицилии (Италия). В общей сложности на этой базе количество обслуживающего многонационального персонала составит 600 человек, строительство инфраструктуры для базирования БПЛА начато в 2014 г. Первый полет БПЛА по программе AGS был запланирован на сентябрь, поступление на базу Сигонелла – в 2016 г., пятого аппарата – в конце 2017 г. Начальная операционная готовность намечалась на второй квартал 2017 г., полная операционная готовность – в первом квартале 2018 г.

Программу AGS финансируют Болгария, Чешская Республика, Дания, Эстония, Германия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Норвегия, Польша, Румыния, Словакия, Словения и США. Первоначальный контракт заключили 13 стран, Польша и Дания подключились в октябре и декабре 2012 г. Программа находится в ведении Агентства по управлению AGS НАТО, в качестве генерального подрядчика выступает Northrop Grumman. БПЛА «Глоубал Хок» для стран НАТО является модификацией Global Hawk Block 40 ВВС США с некоторыми изменениями. Значительными из них являются установка широкополосной линии данных Link 16 от Selex ES и форсированный двигатель Rolls-Royce North American AE 3007H. Кроме того, в системе будут применены два различных типа пункта управления, известных как MGGS (Mobile General Ground System) и TGGS (Tactical General Ground System). MGGS и TGGS – полностью продукция европейских подрядчиков, участвующих в программе. Программное обеспечение управления БПЛА также будет отличаться от американского.

Основной датчик системы AGS такой же, как у американского «Глоубал Хок Блок 40» – мультиплатформенный радар MP-RTIP (Multi-Platform Radar Technology Insertion Program), получивший в США обозначение AN/ZPY-2. Этот радар X-диапазона обеспечивает, по крайней мере, шесть режимов работы: индикатор движущихся наземных целей (GMTI – ground moving target indicator), РЛС с синтезированной апертурой, воздушная маршрутизация, одновременная индикация движущихся целей, поисковый и радар с изображением высокой четкости земной поверхности. Хотя MP-RTIP является радаром с АФАР, на «Глоубал Хок» возможно механическое сканирование антеннами левого и правого бортов БПЛА [3].



Рис. 5. БПЛА RQ-4 «Глоубал Хок Блок 40»

БПЛА типа «Глоубал Хок» программы AGS, базирующийся на АБ Сигонелла, регулярно совершают разведывательные полеты вдоль российских границ Республики Крым, а также в 217 км от линии соприкосновения между подконтрольными вооруженными силами Новороссии и Донбасса с задачей выявления систем управления ВС, ПРО, ПВО, корабельных и береговых формирований, дислокации воинских частей, вооружения и военной техники, оборудования побережья [4].

В 2001 г. стоимость одного БПЛА «Глоубал Хок» составляла 60,9 млн. долл. В мае 2017 г. его стоимость возросла до 222,7 млн. долл.

В связи с интенсивной ракетной программой Северной Кореи США в начале 2017 г. начали размещать БПЛА «Глоубал Хок» на временной основе в Японии для усиления ее системы ПВО. Всего планировалось передислоцировать с АБ о. Гуам на американскую базу Мисава, расположенную в префектуре Аомори, Япония, пять БПЛА «Глоубал Хок».

Министерство обороны Японии планирует получить после 2020 г. пять закупленных в США БПЛА «Глоубал Хок» для усиления сил самообороны Японии [5].

31 января 2018 г. БПЛА «Глоубал Хок» над акваторией Балтийского моря в течение восьми часов вел разведку российских военных объектов в Калининградской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опишук А. Модификации беспилотного летательного аппарата большой продолжительности полета RQ-4 «Глоубал Хок» // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 5.
2. Дремлюга Г. П., Есин С. А., Иванов Ю. Л., Ляшенко В. А. Беспилотные летательные аппараты: Состояние и тенденции развития. – 2004.
3. https://vpk.name/news/133408_postroen_pervyiy_global_hauk_dlya_stran_nato.html.
4. <https://topwar.ru/103399-global-houki-altiusy-i-tu-214r-v-bolshoyigre-na-ukrainskom-tvd.html>.
5. <https://en.news-front.info/2017/05/02/us-deploys-global-hawk-uav-aircraft-to-japan/> ■

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО МОМЕНТА КОРАБЛЕЙ В ДАЛЬНОМ ПОЛЕ

Р.В. Гетьман, начальник службы защиты ФП ТУ ВМФ,
А.А. Затеев, инженер-программист,
Ю.М. Иванов, канд. техн. наук, ген. директор,
В.Я. Матисов, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник,
В.Г. Семенов, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, АО «МЕРА»,
 контакт. тел.(812) 369 8838

Магнитный момент (ММ) характеризует корабль как источник магнитного поля (МП). Измерения ММ проводятся косвенными методами, в которых в качестве первичной измерительной информации используются значения индукции магнитного поля (магнитометрические методы) либо магнитного потока, создаваемого кораблем. Индукция, в свою очередь, может измеряться на расстояниях порядка ширины корабля (в «ближнем поле») или его длины (в «дальнем поле»).

В середине 70-х гг. прошлого века выяснилось, что серийно выпускаемая аппаратура для измерения индукции МП кораблей в дальнем поле не обеспечивает ожидаемой точности измерений ММ. В поисках причин низкой точности анализировались погрешности измерений ММ с акцентом на мультипликативные составляющие погрешностей измерений индукции и расстояний. В этой связи был предпринят независимый и более полный анализ погрешности измерения ММ [1], который установил причину низкой точности – конфликт между составляющими результирующей погрешности. Но работа [1] не дала ответа на вопрос, как устранить этот конфликт и повысить точность.

Данная статья является продолжением [1], но в отличие от последней она посвящена составлению комплекса практических рекомендаций для повышения точности измерения ММ кораблей в дальнем поле.

УРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА КОРАБЛЯ

Как показано в работе [1], уравнение измерения ММ в дальнем поле имеет следующий вид:

$$\underbrace{\mathbf{M} + \Delta\mathbf{M}_{\text{мет}}}_{\mathbf{M}_{\text{изм}}} = A \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}} = \frac{4\pi}{\mu_0} \left(\nabla\nabla \frac{1}{R_{\text{и}}} - \nabla\nabla \frac{1}{R_{\text{к}}} \right) \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}} = \frac{4\pi}{\mu_0} \left(\frac{3\mathbf{n}_{\text{и}}\mathbf{n}_{\text{и}}^T - I}{R_{\text{и}}^3} - \frac{3\mathbf{n}_{\text{к}}\mathbf{n}_{\text{к}}^T - I}{R_{\text{к}}^3} \right) \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}}, \quad (1)$$

где \mathbf{M} – измеряемый (дипольный) ММ тела, Ам²; $\Delta\mathbf{M}_{\text{мет}}$ – методическая погрешность, или погрешность уравнения измерения, или погрешность от недипольности тела, Ам²; $\mathbf{M}_{\text{изм}}$ – результат измерения, Ам²; A – обратная координатная 3×3 матрица, м⁴/Гн; $\nabla\nabla \frac{1}{R_{\text{и}}}$ – градиент градиента обратного

расстояния $R_{\text{и}}$ между центрами источника и измерительного (индекс и) датчика, м⁻³; $\mathbf{n}_{\text{и}}$ – единичное направление между этими центрами (рис. 1); $\mathbf{n}_{\text{и}}\mathbf{n}_{\text{и}}^T$ – симметричная матрица 3×3, образованная умножением матрицы-столбца $\mathbf{n}_{\text{и}}$ справа на матрицу-строку $\mathbf{n}_{\text{и}}^T$, индекс T – символ транспонирования; аналогично для компенсационного (индекс к) датчика; индекс (-1) – символ обратной матрицы; $\Delta\mathbf{B}_{\text{ик}}$ – разность индукций МП измерительного и компенсационного датчиков дифференциального магнитометра, Тл.

Для простоты рассмотрим (1) при измерительном и компенсационном датчиках магнитометра, лежащих на одной оси с центром тела 0, т.е. $\mathbf{n}_{\text{и}} = \mathbf{n}_{\text{к}} = \mathbf{n}$, как показано на рис. 1, и вычислив обратную координатную матрицу A в общем виде, получим

$$\underbrace{\mathbf{M} + \Delta\mathbf{M}_{\text{мет}}}_{\mathbf{M}_{\text{изм}}} = A \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}} = \frac{4\pi}{\mu_0} \frac{R_{\text{и}}^3}{1-\gamma^3} \left(\frac{3}{2} \mathbf{nn}^T - I \right) \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}}, \quad (1a)$$

где $\gamma = R_{\text{и}} / R_{\text{к}}$.

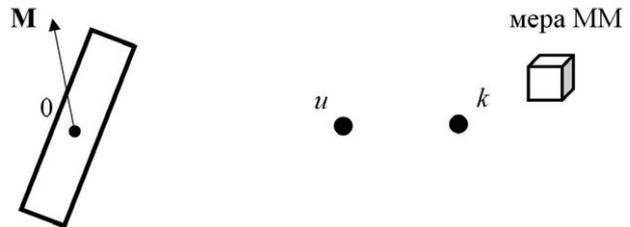


Рис. 1. Схема измерений ММ

\mathbf{M} – ММ тела источника, 0 – центр тела; и – измерительный датчик, к – компенсационный датчик, мера ММ – малогабаритная, переносная, трехкомпонентная

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ММ И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Для ознакомления с терминологией погрешностей, используемой в статье, запишем выражение погрешности измерения ММ по уравнению (1) или (1a):

$$\Delta\mathbf{M} = \mathbf{M}_{\text{изм}} - \mathbf{M} = \delta_{\text{М}} \cdot \mathbf{M} + \mathbf{M}_0 + \Delta A \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}} + \Delta\mathbf{M}_{\text{мет}}, \quad (2)$$

где $\Delta\mathbf{M}$ – результирующая погрешность измерения ММ; $\mathbf{M}_{\text{изм}}$, \mathbf{M} – результат измерения и действительное значение ММ; $\delta_{\text{М}} \cdot \mathbf{M}$, \mathbf{M}_0 – инструментальные мультипликативная и аддитивная составляющие; $\delta_{\text{М}}$ – безразмерная матрица 3×3; $\Delta A \cdot \Delta\mathbf{B}_{\text{ик}}$ – координатная или линейно-угловая составляющая; $\Delta\mathbf{M}_{\text{мет}}$ – методическая составляющая или погрешность уравнения измерения ММ.

Аддитивная погрешность \mathbf{M}_0 включает случайные переменную и постоянную части. Примером случайной части являются погрешности собственных шумов дифференциального магнитометра и помех внешнего происхождения, примером постоянной части – уходы его нулей.

Обратим внимание в (1a) на множитель $R_{\text{и}}^3$, благодаря которому аддитивные погрешности, содержащиеся в $\Delta\mathbf{B}_{\text{ик}}$, с ростом $R_{\text{и}}$ быстро нарастают в единицах ММ. Например, как показано в [1],

$$\sigma_{\mathbf{M}_0} = \frac{4\pi}{\mu_0} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{R_{\text{и}}^3}{1-\gamma^3} \cdot (2\sigma_B^2 + \sigma_{\text{и}}^2)^{1/2}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\mathbf{M}_0}$ – СКО случайной части \mathbf{M}_0 ; σ_B – СКО шумов однотипных измерительного и компенсационного датчиков; $\sigma_{\text{и}}$ – СКО неоднородных и однородных помех, просачивающихся сквозь защитное дифференциальное включение датчиков.

Аналогично влияние постоянных уходов нулей измерительного и компенсационного каналов $\Delta_{0\text{ик}}$ на постоянную часть аддитивной погрешности измерения ММ

$$|\Delta\mathbf{M}_0| = \frac{4\pi}{\mu_0} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{R_{\text{и}}^3}{1-\gamma^3} \left| \left(\frac{3}{2} \mathbf{nn}^T - I \right) \cdot \Delta_{0\text{ик}} \right|. \quad (4)$$

В работе [2] обращается внимание на необходимость оперативного контроля уходов нулей $\Delta_{0\text{ик}}$ с помощью переносной трехкомпонентной меры ММ (см. также рис. 1).

Рассмотрим мультипликативную погрешность. В работе [3] предложен универсальный метод повышения точности трехкомпонентных магнитометров с помощью искажающих/корректирующих матриц. Кроме того, с помощью искажающих матриц можно выразить мультипликативную погрешность как

$$\delta_M \cdot \mathbf{M} = \underbrace{\left(\frac{3}{2} \mathbf{nn}^T - I \right)}_{\delta_M} \cdot \frac{(u_i \sigma - I) - \gamma^3 (u_k - I)}{1 - \gamma^3} \cdot (3\mathbf{nn}^T - I) \cdot \mathbf{M}, \quad (5)$$

где u_i, u_k – искажающие матрицы измерительного и компенсационного датчиков в собственных ортогональных системах координат (СОСК) (понятие СОСК см. в [3]); σ – матрица ортогонального преобразования координат из СОСК к-датчика в СОСК и-датчика магнитометра.

Искажающие матрицы определяются до установки датчиков на штатных местах, а матрица σ – после установки. Методы определения матрицы σ предложены в работах [4] и [5].

Рассмотрим линейно-угловую погрешность $\Delta A \cdot \Delta \mathbf{B}_{\text{иск}}$ от погрешностей измерения расстояний и углов радиус-векторов, образующих координатную матрицу в уравнении (1а). СКО этой погрешности вычислено в [1]

$$\frac{\sigma_{M_R}}{M} = \frac{3}{2} (7\varphi^2 + 5)^{\frac{1}{2}} \frac{(1 + \gamma^8)^{\frac{1}{2}} \sigma_R}{1 - \gamma^3 R_i}, \quad (6)$$

где σ_{M_R} – СКО линейно-угловой составляющей погрешности измерения ММ, Ам²; M – модуль ММ, Ам²; $\varphi = \mathbf{m} \cdot \mathbf{n}$; σ_R – СКО погрешностей измерения компонент радиус-векторов, м.

Как следует из (6), относительное СКО измерения ММ превышает относительное СКО измерения расстояния во много раз в зависимости от $\varphi^2 = 0 \div 1$, например от 6 до 9 раз при $\gamma = R_i / R_k = 0.74$.

Что касается СКО σ_R , то современные средства измерения линейно-угловых величин могут обеспечить достаточный запас точности, поэтому далее в расчетах линейно-угловую погрешность мы учитывать не будем.

Рассмотрим два метода снижения методической погрешности $\Delta \mathbf{M}_{\text{мет}}$ (для однородно намагниченного тела) удлиненной формы.

Первый метод заключается в замене координатного оператора A в уравнении (1а) усредненным $A_{\text{ср}}$ при разбиении тела на p равных по длине участков.

$$\mathbf{M} + \Delta \mathbf{M}_{\text{мет}}^{(p)} = A_{\text{ср}} \cdot \Delta \mathbf{B}_{\text{иск}}, \quad (7)$$

$$\text{где } A_{\text{ср}} = \frac{4\pi}{\mu_0} \left(\frac{C_1 + C_2 \dots C_i \dots + C_p}{p} \right)^{-1}; \quad C_i = \left(\nabla \nabla \frac{1}{R_i} - \nabla \nabla \frac{1}{R_k} \right)_i.$$

Второй метод основан на расчете по уравнению (1а) поправок k_1, k_2, k_3 на методическую погрешность для тела, аппроксимируемого моделью тонкого стержня в виде p -участков с одинаковыми ММ M/p .

Искомые поправки определяются соотношением

$$\mathbf{M}_{\text{расч.}} = \begin{pmatrix} k_1 + 1 & & \\ & k_2 + 1 & \\ & & k_3 + 1 \end{pmatrix} \cdot \mathbf{M} = \chi \cdot \mathbf{M}. \quad (8)$$

Они зависят только от относительных расстояний R_i / L и R_k / L и не зависят от размера ММ. Эти поправки могут быть быстро определены, а результат измерения (1а) – скорректирован на методическую погрешность как

$$\tilde{\mathbf{M}} = \chi^{-1} \cdot \mathbf{M}_{\text{изм.}} \quad (9)$$

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО МОМЕНТА

Далее проверим наши воззрения с помощью компьютерного моделирования (КМ) измерений ММ. Пусть однородно намагниченное тело с ММ $M = 10^6$ Ам², длиной $L = 121$ м, раз-

делено на 11 одинаковых участков. Рассчитаем результирующую погрешность измерения ММ в функции расстояния $R_{\text{ит}}$, $R_k = R_i + 50$ м с учетом классов точности магнитометров 1 и 2.

Пусть для класса 2 искажающие матрицы и уходы нулей таковы, что

$$|u_i - I| \sim 0,01, |u_k \sigma_{\text{иск}} - I| \sim 0,01, |\Delta_{\text{и}}| \sim 1 \text{ нТл}, |\Delta_{\text{к}}| \sim 1 \text{ нТл}.$$

То есть, абсолютные значения всех девяти отличий искажающей от единичной матрицы в среднем не превышают 0,01, а модули уходов нулей около 1 нТл. Эти показатели примерно типичны для существующих магнитометров.

Для магнитометров класса 1 соответствующие показатели приняты в 10 раз лучше, т.е. 0,001 и 0,1 нТл.

Пусть для класса 2 уровень шумов датчиков на компоненту $\sigma_B = 10^{-10} \sqrt{2}$ (Тл) и $\sigma_{\text{п}} = 10^{-10} \sqrt{2}$ (Тл), а для класса 1 эти СКО в 10 раз снижены за счет многократных повторений измерений (100 раз).

Результаты КМ показаны на рис. 2 и в табл. 1 и табл. 2.

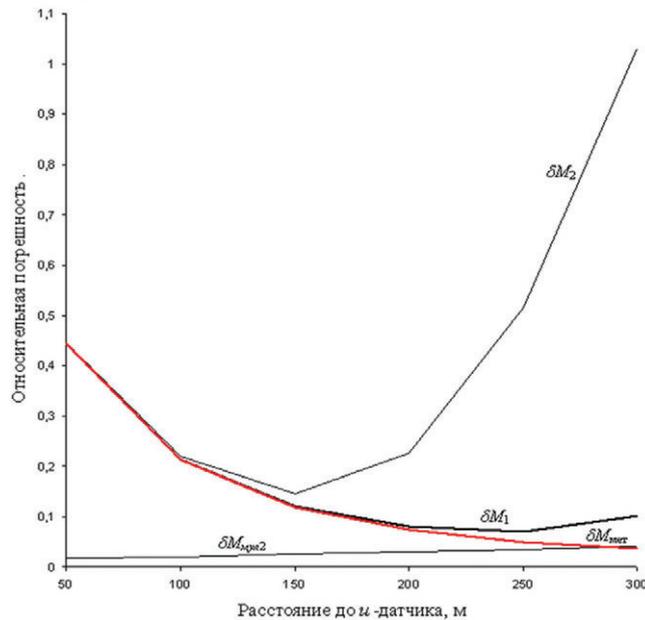


Рис. 2. Относительные результирующие погрешности измерения ММ

$\delta M_1 = |\Delta \mathbf{M}|/M$ для аппаратуры класса 1; $\delta M_2 = |\Delta \mathbf{M}|/M$ для аппаратуры класса 2; методическая погрешность $\delta_{\text{мет}} = |\Delta \mathbf{M}_{\text{мет}}|/M$; мультипликативная погрешность $\delta_{\text{мул}2} = |\delta_M \cdot \mathbf{M}|/M$ для аппаратуры класса 2 ($\delta_{\text{мул}1}$ для класса 1 в 10 раз меньше)

Таблица 1

Относительные результирующие $\delta M_1, \delta M_2$, мультипликативные $\delta_{\text{мул}1}, \delta_{\text{мул}2}$ и методическая $\delta_{\text{мет}}$ погрешности

$R_{\text{ит}}, \text{ м}$	50	100	150	200	250	300
$R_{\text{и}}/L$	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,5
Для аппаратуры класса 2						
δM_2	0,4471	0,2194	0,1466	0,2248	0,5141	1,0287
$\delta_{\text{мул}2}, (5)$	0,018	0,0211	0,0252	0,0298	0,0347	0,0399
Для аппаратуры класса 1						
δM_1	0,4442	0,2128	0,1203	0,0810	0,0713	0,1027
$\delta_{\text{мул}1}, (5)$	0,0018	0,0021	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040
$\delta_{\text{мет}}$	0,4439	0,2122	0,1180	0,0740	0,050	0,0365
$ \Delta \mathbf{B}_{\text{иск}} , \text{ нТл}$	409,0	57,22	15,47	5,764	2,608	1,345

Относительные результирующей погрешности измерений ММ δM с учетом коррекции ее методической составляющей по выражениям (7) и (9)

R_p/L	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,5
Для аппаратуры класса 2						
δM_2 (без коррекции)	0,4471	0,2194	0,1466	0,2248	0,5141	1,0287
δM_2 , корр. по (7)	0,0342	0,0367	0,0940	0,2523	0,5625	1,0845
δM_2 , корр. по (9)	0,034	0,036	0,097	0,250	0,56	1,09
Для аппаратуры класса 1						
δM_1 (без коррекции)	0,4442	0,2128	0,1203	0,0810	0,0713	0,1027
δM_1 , корр. по (7)	0,0034	0,0035	0,0095	0,0258	0,0557	0,1075
δM_1 , корр. по (9)	0,003	0,004	0,010	0,025	0,056	0,11

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как видно из рис. 2, результирующие погрешности минимизируются при соответствующих относительных расстояниях. Эти минимумы отмечены в табл. 1 полужирным шрифтом. Слева от минимума погрешность нарастает за счет монотонного роста методической составляющей, справа – за счет лавинообразного роста инструментальных аддитивных составляющих. Мультипликативная составляющая растет значительно медленнее.

Результаты КМ согласуются с аналитическими соотношениями для инструментальных составляющих погрешности (3), (4) и (5).

Снижение инструментальной погрешности в 10 раз улучшает точность измерения ММ всего лишь в 2 раза (см. табл. 1).

В работах [2–5] предложена простая и эффективная методика резкого снижения инструментальных погрешностей трехкомпонентных магнитометров. Отметим, что уровень инструментальных погрешностей за последние 50 лет серийного выпуска разнообразных модификаций трехкомпонентных магнитометров практически не изменился.

Дополнительно в данной статье предложены методы коррекции методической составляющей погрешности (7) и (9). Эти методы показали практически одинаковые результаты в улучшении точности измерения ММ (см. табл. 2). Однако, эти методы получены для идеализированной (однородно намагниченной) модели тела, ММ которого подлежит измерению (рис. 1). Поэтому данные таблицы 2 при малых относительных расстояниях 0,4–0,8 носят формальный характер. Для больших относительных расстояний надежность данных повышается.

Современные натурные и модельные методы измерения ММ кораблей нуждаются в повышении точности измерения для расширения их функциональных возможностей. Например, метод разделения ММ корабля на индуктивную и постоянную части [6]. Особенность метода [6] состоит в том, что он действует «на стопе», разделяет по всем компонентам, включая вертикальную, и без вспомогательных проходов на главных или промежуточных курсах.

ВЫВОДЫ

Нам представляется, что сочетание следующих мероприятий:

- повышение класса аппаратуры по методике [2–5];
- измерение ММ кораблей по уравнению (1 а) на относительных расстояниях примерно 1,2–1,7;
- коррекция методической составляющей по методам (7) или (9);

обеспечит значительное (и малозатратное) повышение точности измерения ММ. (См. данные табл. 2 для аппаратуры класса 1 и 2 при относительных расстояниях 1,24–1,65 с учетом коррекции методической погрешности).

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов В. Г., Сонина В. Э. Анализ методов измерения магнитных моментов // Метрология. – 1992. – № 8. – С. 3–46.
2. Иванов Ю. М., Семенов В. Г. Сравнительный анализ методов поиска источника магнитного поля дипольной модели // Измерительная техника. – 2017. – № 8. – С. 46–51.
3. Иванов Ю. М., Семенов В. Г. Корректирующие матрицы – путь к повышению точности трехкомпонентных магнитометров // Измерительная техника. – 2013. – № 6. – С. 46–51.
4. Иванов Ю. М., Мальшев О. В., Матисов В. Я., Семенов В. Г. Способ определения местоположения и ориентации трехкомпонентного датчика магнитометра относительно меры магнитного момента: Патент РФ № 2290657 // Бюлл., 2006, № 36.
5. Затеев А. А., Иванов Ю. М., Семенов В. Г. Угловое согласование трехкомпонентных дифференциальных магнитометров. – Тезисы Межведомст. науч.-практич. конфер. «Актуальные проблемы военной науки». Секция № 1: Моделирование и управление физическими полями морских объектов, Пушкин, 11 октября 2017 г., 6 с.
6. Иванов Ю. М., Мальшев О. В., Матисов В. Я., Семенов В. Г. Способ раздельного измерения индуктивного и постоянного магнитных моментов крупногабаритного ферромагнитного тела удлиненной формы: Патент РФ № 2293345 // Бюлл., 2007, № 4. ■

Безопасность судоходной компании (СК) – это ее устойчивое состояние при перевозке объектов транспортировки с минимально возможными материальными, энергетическими и временными затратами по заданному маршруту, без допустимого изменения их состояния, состояния технических средств, обслуживающего персонала, окружающей среды и населения, находящегося в зоне влияния перевозочного процесса [1, 2]. Безопасность судов российского флота регламентируется «Правилами классификации и постройки морских и речных судов», которые учитывают унифицированные требования, стандарты и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ и соответствующие резолюции ИМО [3]. По мере развития технического прогресса возможности человека все больше отставали от возможностей техники и, как следствие, все больше несчастных случаев и аварий происходили уже по вине человека, а не техники. Влияние человеческого фактора на аварийность мирового флота вышло на первый план общественного внимания. Усилиями ИМО и различных морских организаций определено, что стремление минимизировать влияние человеческого фактора возможно лишь на контролируемой основе, только способами управления безопасностью. Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо постоянно проводить мероприятия по управлению безопасностью и четко определять за это ответственность [3].

Способы управления влиянием человеческого фактора на аварийность были разработаны и нашли отражение в таких документах, как Международный Кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения (МКУБ) [3].

Основной целью введения МКУБ является повышение уровня организации всех судовладельцев, береговых служб, экипажей судов и административных надзорных органов с целью снижения аварийности и опасностей, влияющих на сохранность человеческих жизней, окружающую среду, перевозимый груз, суда и имущество, для чего согласно данному кодексу предлагается вводить систему управления безопасностью (СУБ) СК. Кодекс включает основные требования к разработке, внедрению и оценке вышеуказанной системы. Этот документ обязывает СК создавать и поддерживать СУБ, удовлетворяющие требованиям самого кодекса, международным и национальным нормам и правилам, а также создавать и поддерживать системы качества подготовки и оценки учебных и тренажерных заведений, выпускающих кадры для морского флота. Однако в связи с отсутствием в МКУБ

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ

Д. А. Скороходов, д-р техн. наук, проф., ученый секретарь ЗАО «ЦНИИ СМ», гл. науч. сотрудник Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН,

В. Ю. Каминский, канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН,

*А. Л. Стариченков, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой СПбГЭУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),
контакт. тел. (812) 640 1051, 321 9568, +7(921) 884 1716, +7(921) 651 4487*

четких руководств по разработке СУБ СК каждая компания создает эту систему индивидуально. Это означает отсутствие унифицированного подхода к ее разработке, что автоматически ведет к невозможности единой оценки эффективности СУБ разных СК.

МКУБ и предлагаемая им СУБ на начальном этапе ее внедрения привели к созданию достаточно громоздких документированных организационных систем, которые не оказали позитивного влияния на повышение реальной безопасности мореплавания. В то же время традиционная бумажная технология такой системы значительно увеличила трудоемкость ее учета, регистрации, хранения, обновления и поиска необходимой информации. Поскольку МКУБ основывается на общих принципах и целях и во избежание трудностей с оценкой качества работы СУБ СК, целесообразно разработать унифицированную методику, позволяющую достаточно просто и наглядно проводить оценку СУБ СК.

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЦЕЛЕЙ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ

Оценку эффективности СУБ СК необходимо начинать с систематизации требований, предъявляемых МКУБ [3] к данной системе. Для этого в первую очередь была выполнена структуризация целей (Ц) и подцелей (ПЦ) судоходной компании по управлению безопасностью. В результате, в соответствии с МКУБ было выделено 11 основных целей, а именно:

Ц₁ – разработка политики в области безопасности и защиты окружающей среды;

Ц₂ – обеспечение ответственности и полномочий компаний;

Ц₃ – обеспечение наличия назначенного лица;

Ц₄ – обеспечение ответственности и полномочий капитана;

Ц₅ – обеспечение ресурсов и персонала;

Ц₆ – обеспечение разработки планов проведения судовых операций;

Ц₇ – обеспечение готовности к аварийным ситуациям;

Ц₈ – обеспечение получения сообщений о несоответствиях, несчастных случаях и опасных происшествиях, их расследование и анализ;

Ц₉ – обеспечение технического обслуживания и ремонта судна и его оборудования;

Ц₁₀ – обеспечение документацией;

Ц₁₁ – обеспечение проверки, пересмотра и оценки СУБ.

Каждая цель состоит из подцелей, а именно: цель Ц₁ характеризуется выполнением 7 подцелей; цель Ц₂ – 6 подцелей; цель Ц₃ – 10 подцелей; цель Ц₄ – 10 подцелей; цель Ц₅ – 22 подцели; цель Ц₆ – 15 подцелей; цель Ц₇ – 17 подцелей; цель Ц₈ – 4 подцели; цель Ц₉ – 14 подцелей; цель Ц₁₀ – 17 подцелей, а цель Ц₁₁ – 9 подцелей.

Выполнение большей части из вышеперечисленных подцелей характеризуется конкретными процедурами (П), например, качество выполнения судоходной компанией подцели ПЦ_{1.1} характеризуется следующими процедурами:

П_{1.1.1} – разработка инструкций и процедур для обеспечения безопасной эксплуатации судов и защиты окружающей среды согласно международному праву и законодательству государства Флага;

П_{1.1.2} – разработка стратегии внедрения и поддержания политики;

П_{1.1.3} – утверждение политики высшим руководством компании;

П_{1.1.4} – определение способности достижения целей МКУБ по обеспечению безопасной эксплуатации судна;

П_{1.1.5} – подтверждение распространения данной стратегии на все подразделения компании, задействованные в СУБ и на суда.

Очевидно, что выделенные цели, подцели и процедуры различны по степени значимости для оценки эффективности всей СУБ СК, поэтому после структуризации необходимо определить коэффициенты важности каждой цели и подцели. Для этого было проведено анкетирование ведущих российских

СК для оценки степени значимости и достаточности структурированных целей, подцелей и задач, используемых для оценки эффективности СУБ СК.

Для проведения опроса персонала СК были разосланы анкеты, в которых экспертам предлагалось ранжировать цели и подцели СУБ СК методом попарного сравнения [4, 5].

Коэффициенты важности позволяют определить «удельный вес» или, другими словами, значимость каждой цели или подцели в суммарной эффективности процесса обеспечения безопасности. Данные коэффициенты рассчитывались на основании информации, полученной из анкет СК, следующим образом:

1. Для каждой квадратной матрицы параметров (целей и подцелей) определяется сумма цифр, стоящих в каждой i -й строке, т.е. вычисляются значения $\sum_{j=1}^m C_{ij}$, где j – столбец.

2. После этого складываются все цифры в столбце сумм строк, т.е. вычисляется значение $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij}$.

3. Коэффициент важности по каждой цели (подцели) определяется как отношение суммы цифр в каждой строке к сумме цифр столбца сумм строк, т.е.

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij}}$$

Например, для матрицы параметров

	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5
Π_1	1	2	0	1	2
Π_2	0	1	2	0	1
Π_3	2	0	1	0	2
Π_4	1	2	2	1	2
Π_5	0	1	0	0	1

имеем:

– для первой строки ($i=1$) $\sum_{j=1}^5 C_{1j}=6$;

– для второй строки ($i=2$) $\sum_{j=1}^5 C_{2j}=4$;

– для третьей строки ($i=3$) $\sum_{j=1}^5 C_{3j}=5$;

– для четвертой строки ($i=4$) $\sum_{j=1}^5 C_{4j}=8$;

– для пятой строки ($i=5$) $\sum_{j=1}^5 C_{5j}=2$.

Тогда для столбца сумм строк имеем $\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 C_{ij}=25$. Окончательно получаем следующие значения коэффициентов важности целей:

$$\lambda_1 = \frac{6}{25} = 0,24; \quad \lambda_2 = \frac{4}{25} = 0,16; \quad \lambda_3 = \frac{5}{25} = 0,2;$$

$$\lambda_4 = \frac{8}{25} = 0,32; \quad \lambda_5 = \frac{2}{25} = 0,08.$$

Таким образом, наиболее значимой в данном примере является цель Π_4 , затем (в порядке убывания значимости) следуют цели Π_1 , Π_3 , Π_2 и Π_5 . Общая эффективность процесса будет определяться выражением

$$P_{\text{цс}} = \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot P_i,$$

где $m=5$ – количество целей; P_i – эффективность выполнения i -й цели.

Следовательно, чем эффективнее выполнены наиболее значимые цели (в данном примере Π_4 и Π_1), тем выше будет общая эффективность процесса, даже при невысоком проценте выполнения остальных целей, и, наоборот, если менее значимые цели выполнены на 100%, но при этом невысок процент реализации наиболее весомых целей, общая эффективность будет невысокой.

Кроме полученных значений коэффициентов важности, анализ результатов анкетирования показал, что все эксперты подтверждают достаточность представленных целей и подцелей СУБ СК и не видят необходимости внесения каких-либо добавлений или изменений в представленный перечень. Кроме того, 90% экспертов подтвердили полезность и целесообразность представленной структуризации целей и подцелей СУБ для использования ее в методике оценки эффективности СУБ СК [6].

После определения коэффициентов важности можно переходить непосредственно к оценке эффективности СУБ СК. Учитывая разнородность целей и, соответственно, критериев их оценки как количественного, так и качественного характера, необходимо выбрать в качестве критерия эффективности показатель, который удовлетворял бы всем видам целей и подцелей. Наибольший интерес в данном случае представляет критерий максимума аддитивной технической полезности [7, 8], построение которой осуществляется на основе выбранных функций технической полезности, обеспечивающих количественное измерение рассматриваемых целей Π_i и подцелей Π_{ij} . Данная функция технической полезности $P(S)$ будет являться вещественной функцией, сохраняющей упорядочение при любых $S^1, S^2 \in S$ тогда и только тогда, когда $S^1 > S^2 \Leftrightarrow P(S^1) > P(S^2)$.

Поскольку мы заинтересованы в увеличении технической полезности, такую оценку можно рассматривать как n -мерный критерий оптимизации. Считая, что критерии ориентированы положительно и любая пара критериев не зависит по предпочтению от других критериев, определим функцию технической полезности по всем целям в виде

$$P_{\text{цс}}(S) = \sum_{i=1}^n \lambda_i P_i(S),$$

где λ_i – коэффициент важности цели P_i .

Нормированный аддитивный критерий существует в том случае, если функции $P_i(S)$ подобраны так, что $P \in [0,1]$ для всех S , а коэффициенты λ_i удовлетворяют условию $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1,0$; $\lambda_i > 0$ для всех $i=1, n$.

По теореме Фишберна [5] представленная функция технической полезности существует тогда и только тогда,

когда выполняется условие аддитивной независимости целей Π_1, \dots, Π_{11} .

При этом функция $P_{\text{цс}}$ нормирована условием $P_{\text{цс}}(S) = \max$; частные функции технической полезности нормализованы условиями

$$P_i(S_i^0) = 0; P_i(S_i^n) = 1; \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1.$$

Аддитивная форма технической полезности не только проста по своей структуре и удобна для проведения расчета, но и, кроме того, допускает единственную физическую интерпретацию, при которой отчетливо прослеживается вклад каждой цели в общую оценку предпочтительности. В этом случае критерий эффективности будет иметь вид

$$\operatorname{argmax} P_{\text{цс}}(S_i); \quad i \in 1, n,$$

удовлетворяющий условию существования СУБ¹ > СУБ² $\Leftrightarrow P^1(S_i) > P^2(S_i)$ и непрерывности – дифференцируемости по рассматриваемым процедурам. Использование в качестве критерия эффективности максимума технической полезности позволяет автоматически осуществить нормирование разнородных целей и формировать процесс оценки эффективности в формализованном виде.

В нашем случае функция технической полезности СУБ будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{цс}} = \sum_{i=1}^{11} \lambda_i P_i,$$

причем

$$P_1 = \sum_{j=1}^7 \lambda_{1j} P_{1j}; \quad P_2 = \sum_{j=1}^6 \lambda_{2j} P_{2j}; \quad P_3 = \sum_{j=1}^{10} \lambda_{3j} P_{3j};$$

$$P_4 = \sum_{j=1}^{10} \lambda_{4j} P_{4j}; \quad P_5 = \sum_{j=1}^{22} \lambda_{5j} P_{5j}; \quad P_6 = \sum_{j=1}^{15} \lambda_{6j} P_{6j};$$

$$P_7 = \sum_{j=1}^{17} \lambda_{7j} P_{7j}; \quad P_8 = \sum_{j=1}^4 \lambda_{8j} P_{8j}; \quad P_9 = \sum_{j=1}^{14} \lambda_{9j} P_{9j};$$

$$P_{10} = \sum_{j=1}^{17} \lambda_{10j} P_{10j}; \quad P_{11} = \sum_{j=1}^9 \lambda_{11j} P_{11j},$$

где P_i ($i=1 \div 11$) – эффективность выполнения i -й цели; λ_i – коэффициент важности i -й цели; P_{ij} – эффективность выполнения j -й подцели; λ_{ij} – коэффициент важности j -й подцели.

При этом следует иметь в виду, что многие подцели характеризуются некоторым множеством процедур, которые, в свою очередь, могут быть ранжированы для оценки подцели и могут характеризоваться технической полезности табличного вида: высокоэффективное исполнение $P_{ijk}=1$, эффективное исполнение $P_{ijk}=0,8$, среднее эффективное исполнение $P_{ijk}=0,63$, малоэффективное исполнение $P_{ijk}=0,37$, неэффективное исполнение $P_{ijk}=0$ либо технической полезности релейного вида: неудовлетворительно (не выполнено) $P_{ijk}=0$, удовлетворительно (выполнено) $P_{ijk}=1$ (все остальные процедуры) [9].

Для оценки эффективности всех остальных подцелей используется непре-

рывная функция желательности Харрингтона [6] следующего вида:

$$P_{ij} = \exp(-\exp(-R)), \quad R = \frac{8 \cdot K_{\text{вып.пр}}}{L_{ij}} - 4.$$

где $K_{\text{вып.пр}}$ – число выполненных процедур, L_{ij} – общее число процедур в подцели ПЦ_{ij}.

Те подцели или процедуры, для оценки которых в качестве функции полезности применяется непрерывная функция желательности Харрингтона или функция табличного вида, будут определять различимость по качеству СУБ, а значит, и по величине максимальной аддитивной функции полезности. Данные подцели и процедуры определяют инициативу судоходных компаний по повышению эффективности СУБ. Выполнение этих и подобных подцелей и процедур дает широкую возможность для инициативных действий СК по повышению эффективности СУБ, а экспертам оценивать правильность выбранных оценочных показателей [10].

Вышеизложенный подход позволяет оценить эффективность выполнения 11 так называемых целей-средств

$$P_{\text{цс}} = \sum_{i=1}^{11} \lambda_i P_i,$$

т. е. определить необходимую составляющую процесса оценки эффективности СУБ СК. Однако для суммарной оценки эффективности СУБ СК предлагается использовать составной критерий, который, по нашему мнению, наиболее полно отражает эффективность результатов работы судоходной компании в области обеспечения безопасности. Данный критерий имеет следующий вид:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{цс}} \cdot P_{\text{цр}},$$

где $P_{\text{сум}}$ – суммарная эффективность СУБ СК; $P_{\text{цс}}$ – эффективность выполнения СК 11 целей-средств, определяемая по вышеизложенной методике; $P_{\text{цр}}$ – эффективность выполнения СК целей-результатов, определяемая фактическим уровнем безаварийной работы СК на основании использования модифицированной (зеркальной) функции желательности Харрингтона следующего вида [6]:

$$P_{\text{цр}} = \exp\left(-\exp\left(\frac{-6}{N_{\text{ав}}^{\text{max}}}(N_{\text{ав}}^{\text{max}} - K_{\text{авар.}})\right)\right),$$

где $N_{\text{ав}}^{\text{max}}$ – максимально допустимое число аварий одного судна в год; $K_{\text{авар.}}$ – коэффициент аварийности СК, рассчитываемый как среднее число аварий, происходящих на 1 судно в год, т. е.:

$$K_{\text{авар.}} = \frac{N_{\text{ав}}^{\Sigma}}{N_{\text{судов}} \cdot T},$$

где $N_{\text{ав}}^{\Sigma}$ – общее число аварий, которые произошли на всех судах $N_{\text{судов}}$ данной судоходной компании в течении рассматриваемого периода T лет.

График изменения эффективности выполнения СК целей-результатов $P_{\text{цр}}$, %, в зависимости от изменения ко-

эффициента аварийности СК $K_{\text{авар}}$ при максимально допустимом числе аварий одного судна в год $N_{\text{ав}}^{\text{max}} = 1$ представлен на рис. 1.

Таким образом, даже если эффективность выполнения СК целей-средств $P_{\text{цс}}$ будет достаточно высокой, но при этом количество аварий, происходящих на одно судно рассматриваемой СК в год будет сопоставимо с максимально допустимым числом аварий, суммарная эффективность СУБ СК $P_{\text{сум}}$ будет невысокой. С другой стороны, при достаточно невысоком уровне аварийности СК, т. е. при эффективном выполнении СК целей-результатов, суммарная эффективность СУБ СК будет определяться эффективностью $P_{\text{цс}}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан критерий оценки эффективности выполняемых СК мероприятий, направленных на улучшение работы системы управления безопасностью. Данный критерий позволяет учитывать не только соответствие разработанной СУБ СК требованиям МКУБ, но и фактический уровень безаварийности принадлежащих СК судов.

По результатам проведенного анкетирования рассчитаны коэффициенты важности каждой цели и соответствующих им подцелей СУБ СК. Разработана методика, позволяющая на основе выбранного критерия оценивать эффективность работы СУБ СК. Методика предусматривает возможность сравнения СУБ различных СК, а также оценки мероприятий, направленных на улучшение отдельных требований МКУБ. Разработанный методический материал позволяет не только качественно, но и количественно оценивать эффективность СУБ СК с учетом фактической аварийности принадлежащих ей судов.

Разработанная методика – простой и надежный инструмент, который может быть компьютеризирован, что позволит ответственным за безопасность компании значительно упростить и ускорить процесс оценки ее эффективности для определения слабых мест, требующих дополнительных мероприятий для повышения ее эффективности. Кроме того, данная методика представляет интерес для представителей как служб освидетельствования регистра, так и СК для оценки эффективности существующей СУБ, и определения возможных путей повышения уровня безопасности компании. Повышение его позволит уменьшить аварийность судоходства, а, следовательно, будет способствовать

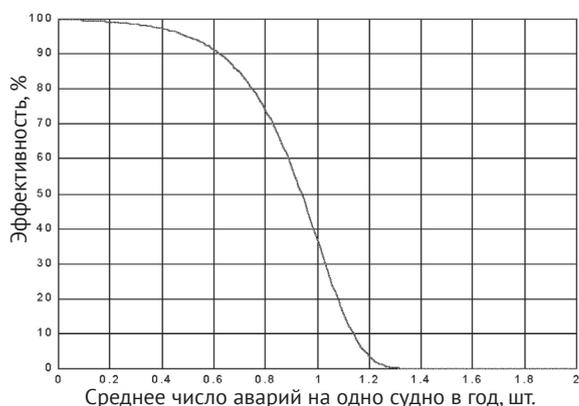


Рис. 1. График изменения эффективности выполнения СК целей-результатов в зависимости от изменения коэффициента аварийности СК при максимально допустимом числе аварий одного судна в год $N_{\text{ав}}^{\text{max}} = 1$

увеличению безопасности морских и речных перевозок, осуществляемых судами морского и речного флотов России, что, в конечном итоге, положительно отразится на перспективах дальнейшего увеличения торгового баланса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скорыходов Д. А., Белый О. В., Гурков Р. М., Стариченков А. Л. Направление информационных технологий для повышения безопасности транспортных комплексов // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 5 (18). – С. 22–24.
2. Система сертификации компаний на соответствие требованиям Международного кодекса по управлению безопасностью (МКУБ) НД № 2–0801101–002RE, СПб, 2002.
3. Международный Кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения (Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ)). Резолюция А.741 (18), принята ИМО 4 ноября 1993 г.
4. Белый О. В., Скорыходов Д. А. Проблемы безопасности транспорта // Вестник Евразийского транспортного союза. – 2004. – Вып. № 12–13.
5. Скорыходов Д. А. Система управления движением кораблей с динамическими принципами поддержания. – СПб.: Изд. ГНЦ РФ ЦНИИ «Электро-прибор», 2000.
6. Николаев В. И., Брик В. М. Системотехника: методы и применения. – Л.: Машиностроение, 1985.
7. Скорыходов Д. А., Артамонов В. С., Стариченков А. Л. Экспертный метод прогноза уровня надёжности и безопасности железнодорожного транспорта // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы. – 2013. – № 2. – С. 36–42.
8. Скорыходов Д. А., Поляков А. С., Танклевский Т. Л. Методика комплексной оценки безопасности линейной части магистрального газопровода // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы. – 2015. – Вып. № 3. – С. 37–42.
9. Скорыходов Д. А., Кукуи Ф. Д. Методика оптимизации процесса планирования деятельности системы управления безопасностью судоходной компании // Морские интеллектуальные технологии. – 2012. – № 1 (15). – С. 40–44. ■

Доктор технических наук, профессор Дмитрий Алексеевич Скороходов родился 16 февраля 1943 г., в 1966 г. закончил электротехнический факультет Высшего военно-морского инженерного училища им. Ф. Э. Дзержинского. С 1966 по 1967 г. проходил службу в качестве инженера-электрика на Краснознаменном Северном флоте. С 1967 по 1968 г. учился на курсах офицерского состава по скрытности и защите кораблей при Военно-морской академии. В 1968 г. был назначен в 1 ЦНИИ МО в отдел «Комплексная автоматизация технических средств кораблей ВМФ», где последовательно занимал должности младшего, затем старшего научного сотрудника, начальника лаборатории и начальника отдела.

В 1968 – 1972 гг. непосредственно работал над созданием унифицированного авторулевого «Аист», системы автоматического управления движением «Штиль» для катера на подводных крыльях пр. 206М, системы автоматического управления движением для самоходной модели СМ-9 и руководил мореходными испытаниями этих систем. В 1970 г. Дмитрию Алексеевичу было присвоено звание капитан-лейтенант-инженер. В 1971 г. он был назначен старшим наблюдающим по созданию комплексного тренажера по управлению движением и техническими средствами корабля на воздушной подушке пр. 1206 «Кальмар». В 1973 г. проводил испытания системы управления движением КВП пр. 1232 «Джейран».

В 1974 г. после защиты кандидатской диссертации Д.А. Скороходов был назначен руководителем группы «Автоматизация газотурбинных установок кораблей ВМФ». В 1975 г. ему было присвоено звание капитан 3 ранга-инженер.

С 1974 по 1986 г. являлся старшим наблюдающим по созданию систем управления движением «Коралл» и «Стрела» для кораблей на подводных крыльях пр. 1240, пр. 1141 «Ураган» и «Сокол», комплексной системы управления техническими средствами «Двин», КПК «Ураган», системы управления газотурбинной установкой «Коралл-2», унифицированной системой управления и защиты газотурбинных двигателей, комплексных систем управления движением и техническими средствами «Орион-КА», «Орион-КАТ», «Флора», «Флора-32» кораблей на воздушной подушке пр. 1206 «Кальмар», пр. 1209 «Омар», пр. 1206Т, пр. 1238 «Касатка», пр. 12061 «Мурина», пр. 12322 «Зубр», КПК пр. 11451 и системы «Смена-3» корабля-экраноплана пр. 903. С 1974 г. он старший наблюдающий по комплексной автоматизации надводных кораблей ВМФ, и участвует в испытаниях в качестве председателя межведомственной

К 75-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА Д.А. СКОРОХОДОВА

ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1051



комиссии и члена госкомиссии практически всех типов кораблей на воздушной подушке, подводных крыльях, корабля-экраноплана и надводных кораблей ВМФ.

В 1979 г. Д.А. Скороходов назначен на должность старшего научного сотрудника и руководителя группы автоматизации управления движением надводных кораблей и КДПП. В 1980 г. ему присвоено звание капитана 2 ранга.

В 1986 г. назначен начальником лаборатории «Управление движением подводных лодок, надводных кораблей и КДПП» и присвоено звание капитана 1 ранга, в 1987 г. – главным наблюдающим за комплексом НИОКР по созданию технических средств диагностирования надводных кораблей и подводных лодок «Диагност-2» и по внедрению систем информационной поддержки.

В конце 80-х гг. занимался внедрением систем информационной поддержки на НК и ПЛ ВМФ, как на проектирующиеся, так и на эксплуатирующиеся.

В 1988 г. защитил докторскую диссертацию и был назначен начальником 55-го отдела «Комплексных систем управления техническими средствами кораблей ВМФ». В 1992 г. ВАК СССР присвоил ученое звание «профессор» по специальности «Системы обработки информации и управления».

В 1994 г. уволен в запас. С 1994 по 1995 г. работал заместителем директора по научной работе НТК-1 НПО «Аврора».

С 1995 г. работает в системе Российской академии наук ведущим научным сотрудником Института проблем транспорта им Н.С. Соломенко, с 1996 г. главным научным сотрудником, с 1997 г. за-

ведующим лабораторией «Проблем безопасности транспортных систем», с 2003 г. заместителем директора по научной работе, а с 2006 г. по настоящее время главным научным сотрудником вышеупомянутой лаборатории.

С 1994 г. работал по совместительству на должности профессора кафедры «Комплексные системы управления техническими средствами подводных лодок» Военно-морского инженерного института, а с 1997 г. на должности профессора кафедры «Корабельные системы управления» СПБГЭТУ (ЛЭТИ). С 2012 г. – ученый секретарь ЗАО «ЦНИИ СМ».

Д.А. Скороходовым сформирована научная школа, которая способствует решению сложных задач повышения эффективности систем управления движением, техническими средствами и систем обеспечения безопасности транспортных средств.

Д.А. Скороходов – автор более 400 научных работ, в том числе 14 монографий, 4 учебников, 6 учебных пособий, имеет 127 авторских свидетельств на изобретения, более 30 из них внедрены на кораблях ВМФ.

Под его непосредственным руководством 16 научных сотрудников успешно защитили кандидатские и докторские диссертации.

Д.А. Скороходов – член диссертационных советов в Государственном университете морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, СПбГМТУ и Петербургском государственном университете путей сообщения, член Академии навигации и управления движением и Академии транспорта РФ, а также председатель ГАК Государственного университета авиационного приборостроения и СПбГМТУ.

Д.А. Скороходов руководит семинарами, проводимыми на Международной выставке «Транстек», член оргкомитетов ряда международных и всероссийских конференций, в более чем 30 конференциях участвовал в качестве докладчика.

Д.А. Скороходов награжден многими медалями, а также знаком «Почетный работник транспорта России».

Друзья и коллеги поздравляют Дмитрия Алексеевича с юбилеем и желают ему здоровья и дальнейших успехов в развитии отечественной науки.

Редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру творческого долголетия. ■

Необходимость данной статьи вызвана анализом гибели контейнеровоза «EL Fago» в октябре 2015 г. Это – первая крупная катастрофа за последние 40 лет. Американский контейнеровоз длиной 240 м с предельной погрузкой, водоизмещением порядка 100 000 т попал в ураган со скоростью ветра 30–35 м/с между Флоридой и Пуэрто-Рико. После потери хода и управляемости его развернуло бортом к волне. В средней части разошлась наружная обшивка, что привело к поступлению воды внутрь судна и вызвало дополнительный угол крена, усугубивший асимметричные колебания при его качке. Судно перевернуло от потери динамической устойчивости вследствие кренящего момента под действием ветровой нагрузки. В результате аварии погибло 33 человека.

Также следует отметить большую аварийность малотоннажных рыболовных судов длиной 45–50 м. Так, за последние 20 лет из 900 эксплуатируемых судов потерпели аварию более 50% – 654 судна, погибли 198 человек [2].

Для определения параметров качки аварийного судна с учетом динамического угла крена на волнении при действии шквального ветра предлагается метод гармонической линеаризации. Этот метод использовался в решениях нелинейных задач бортовой качки Г.Е. Павленко, С.Н. Благовещенским, Г.Н. Хорошанским и др. [3]. Хотя этот метод является довольно приближенным, однако с его помощью можно получить простые выражения как для симметричных, так и несимметричных колебаний аварийного судна. Суть гармонической линеаризации состоит в том, что она заменяет периодическое движение динамической системы движением гармоническим.

Таким образом, если имеется нелинейность вида $y=F(x)$, то периодическое решение для переменной x ищется приближенно в виде

$$x = A \sin \sigma t, \quad (1)$$

где A и σ – искомые амплитуда и частота.

Хотя величина y и далека от синусоиды, но в случае периодических колебаний с основной частотой σ ее можно разложить в ряд Фурье

$$y = \sum_{n=1}^{i=0} B_n \sin(n\sigma t + t\beta_n), \quad (2)$$

где B_n и β_n – амплитуда и фаза n -й гармоники.

Так как сами амплитуды B_n в выражении (2) тем меньше, чем выше номер гармоники, берется не полное выражение нелинейной функции (2), а только ее первая гармоника, чего для практики вполне достаточно:

$$x = B_1 \sin \sigma t, \quad (3)$$

где B_1 – коэффициент Фурье, равный

$$B_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(A \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi. \quad (4)$$

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПРОКИДЫВАНИЯ АВАРИЙНОГО СУДНА В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КРЕНА

П.А. Шауб, *д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,*
С.В. Московкина, *ст. науч. сотрудник, НИИ кораблестроения*
и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. (812) 405 0706

Учитывая выражение (1) для x , формула (3) может быть переписана в виде

$$F(x) = qx, \quad (5)$$

$$\text{где } q = \frac{B_1}{A} = \frac{1}{\pi A} \int_0^{2\pi} F(A \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi. \quad (6)$$

Операция (5) называется гармонической линеаризацией данной нелинейности.

Согласно [4, 5], общее решение будем искать в виде

$$\theta = \theta_1 + \varepsilon \theta_m(t), \quad (7)$$

где $\theta_m(t)$ – произвольная функция времени, угол качки; ε – малый параметр; $\theta_1 - \sin \sigma_1 t$ – первая гармоника периодического решения.

Тогда нелинейную функцию $l(\theta)$ можно представить в виде

$$l(\theta) = l(\theta_1) + [l(\theta_1 + \varepsilon \theta_m(t)) - l(\theta_1)]. \quad (8)$$

После ряда преобразований [4] будем окончательно иметь

$$\begin{aligned} (p^2 + 2\nu_0 p)(\theta_0 + \theta^*) + \bar{D}(l_0 + l_m \theta^*) = \\ = \frac{H}{\theta_m} \left(\cos \beta - \frac{\sin \beta}{\sigma} p \right) + \theta + L_0, \end{aligned} \quad (9)$$

где $p = i\sigma$; $2\nu_0 = \frac{2N_0}{J}$; $\theta^* = \theta_m \sin[(\sigma t + \varepsilon) + \beta]$;

$\theta = \theta_0 + \theta^*$; $\bar{D} = \frac{D}{J}$; θ_0 – начальный угол аварийного судна;

$$\bar{L}_0 = \frac{L_0}{J};$$

$$H \sin(\sigma t + \varepsilon) = \frac{H}{\theta_m} \left(\cos \beta - \frac{\sin \beta}{\sigma} p \right) \theta^*,$$

так как величины $\theta_0, \theta_m, \sigma$ в переходном режиме рассматриваются в течение одного периода, а в нашем случае при рассмотрении установившихся бортовых колебаний $\theta_0, \theta_m, \sigma$ есть величины постоянные, то уравнение (9) может быть разделено нелинейным образом на два уравнения соответственно для постоянной и колебательных составляющих:

$$\left. \begin{aligned} \bar{D} l_0 = \bar{L}_0; \\ (p^2 + 2\nu_0 p)(\theta_0 + \theta^*) - \\ - \frac{H}{\theta_m} \left(\cos \beta - \frac{\sin \beta}{\sigma} p \right) \theta^* + D l_m \theta^* = 0. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Как видно из первого уравнения системы (10), величина статического отклонения θ_0 от равновесного положения, носителем которого происходят коле-

бания аварийного судна, в нелинейной задаче зависит как от кренящего постоянно действующего момента L_0 , так и от амплитуды и частоты возмущающей силы. В этом принципиальное отличие решения нелинейной задачи от линейной. В случае линейной зависимости восстанавливающего момента от угла крена из первого уравнения системы (10) получаем

$$D h_0 = L_0; \quad \theta_0 = \frac{L_0}{D h}, \quad (11)$$

что представляет собой обычную метacentрическую формулу устойчивости.

Таким образом, в нелинейной задаче фактическое отклонение от положения равновесия зависит уже от параметров качки корабля и возмущающих сил. Следовательно, зависимость амплитуды и частоты колебаний от величины смещения центра колебаний характерные именно для нелинейных систем, в то время как в линейных системах смещения центра колебания не играют роли.

Поэтому статическое отклонение θ_0 от положения равновесия не равно начальному углу крена аварийного судна при линейной постановке данной задачи. Таким образом, оба уравнения данной системы (10) содержат все три неизвестных: θ_0, θ_m и β . Подставляя в уравнение (10) $p = i\sigma$, что соответствует отысканию синусоидального решения, получаем

$$\begin{aligned} (-\sigma^2 + 2\nu_0 i\sigma) - \\ - \frac{H}{\theta_m} \left(\cos \beta - \frac{\sin \beta}{\sigma} \right) + \varphi D l_m = \theta. \end{aligned} \quad (12)$$

Принимая во внимание, что $\cos \beta - i \sin \beta = e^{-i\beta}$, из уравнения (12) находим

$$\theta_m [(-\sigma^2 + 2\nu_0 i\sigma) + D l_m] = H e^{-i\beta}. \quad (13)$$

В случае симметричных колебаний судна решается уравнение (13), из которого определяется величина θ_m в зависимости от фазы β , заданной амплитуды и частоты возмущающей силы:

$$l_m = \frac{1}{\pi A} \int_0^{2\pi} l(\theta_m \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi. \quad (14)$$

При несимметричных колебаниях необходимо совместное решение двух уравнений

$$\begin{aligned} D l_0 = L_0; \\ \theta_m [(-\sigma^2 + 2\nu_0 i\sigma) + D l_m] = H e^{-i\beta}, \end{aligned} \quad (15)$$

где $l_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} l(\theta_0 + \theta_m \sin \varphi) d\varphi$;

$$l_m = \frac{1}{\pi\theta_m} \int_0^{2\pi} l(\theta_0 \sin \varphi) d\varphi. \quad (16)$$

Здесь $\varphi = [(\sigma t + \varepsilon) + \beta]$.

Окончательное выражение для возмущающей силы (9)

$$H \sin(\sigma t + \Sigma) = \frac{H}{\theta_m} \left(\cos \beta - \frac{\sin \beta}{\sigma} p \right) \theta^*. \quad (17)$$

Совместное решение уравнений (15) в практических расчетах является довольно сложной процедурой. Поэтому рассмотрим на примере накренения судна, как оно на волнении при штормовом ветре колеблется относительно начала координат [3]. Изменение динамической остойчивости в процессе рассматриваемого наклона происходит за счет работы кренящего момента от ветровой нагрузки. Величина динамического крена корабля определяется диаграммой динамической остойчивости. В нашем случае судно имеет начальный угол крена и совершает несимметричные колебания. Как было показано ранее, динамический угол, относительно которого колеблется судно, не равен начальному углу его крена (статический угол крена). На рис. 1 показано совмещение двух графиков. График I – основной, характеризует динамическую остойчивость при отсутствии начального статического угла крена и линейной постановке задачи, с учетом волнения и ветра. Угол, относительно которого происходят колебания, равен θ_0^1 .

График II характеризует качку судна относительно имеющегося аварийного крена θ_0^2 при наличии статического угла крена и угле дрейфа в нелинейной постановке задачи. Для наглядности используем для графика I построение согласно [3], где $\theta_0 = 0$ – судно колеблется относительно начала координат. Начало действия шквала принимается при крене судна на максимальный угол θ_m с наветренной стороны равным максимальной амплитуде бортовой качки. Накренение заканчивается, когда корабль получает динамический крен θ_1^1 . Таким образом и в начале колебания в точке А, и в конце его в точке В кинетическая энергия равна нулю, и, следовательно, в этих точках механическая энергия, которая определяется потенциальной энергией, и есть его динамическая остойчивость (см. рис. 1).

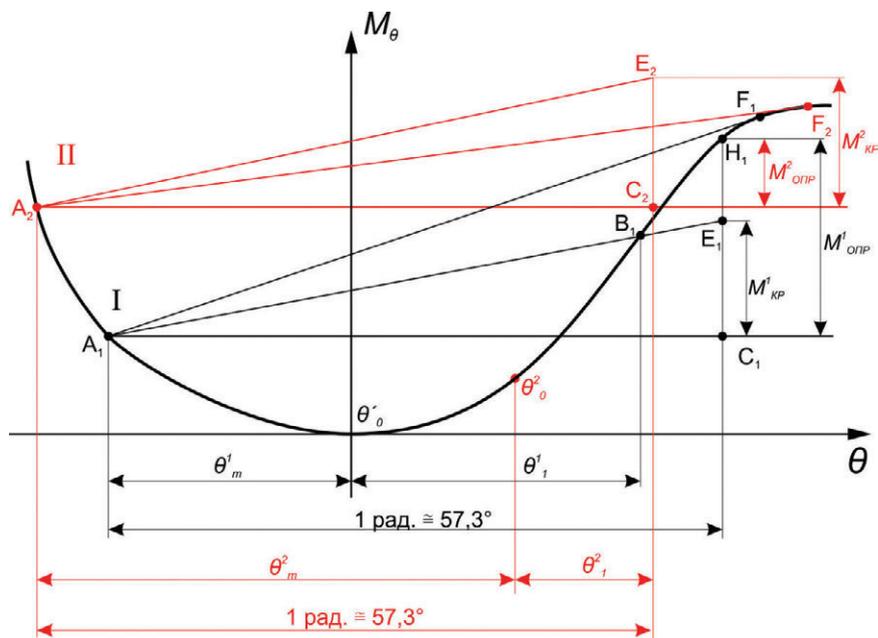


Рис. 1

Из полученных результатов видно, что данное судно отвечает требованиям Морского регистра:

$$\frac{M_{\text{опр}}^1}{M_{\text{кр}}^1} > 1.$$

Рассмотрим данную задачу при других условиях, используя диаграмму динамической остойчивости при наличии начального угла крена

$$\theta_0^2 = \theta_n + \theta_d + \Delta\theta_g, \quad (18)$$

где θ_0 – угол, относительно которого колеблется судно; θ_c – статический угол крена; θ_d – угол крена от дрейфа; $\Delta\theta_g$ – смещение угла крена в результате асимметричного колебания и нелинейности решения задачи.

Как видно из приведенных примеров I и II и их сравнения, наличие и учет крена судна при оценке опрокидывания существенно влияет на основную оценку Морского регистра, что подтверждается опрокидыванием судов при современном состоянии морской стихии.

В данном случае при данных метеорологических условиях судно не отвечает требованиям Морского регистра, поскольку

$$\frac{M_{\text{опр}}}{M_{\text{кр}}} < 1, \text{ или приблизительно } 0,3.$$

ВЫВОДЫ

1. Показано, что учет совместно действия на аварийное судно волн

и шквального ветра, особенно в современных условиях, при учете крена и нелинейности восстанавливающего и кренящего моментов увеличивает вероятность его гибели.

Необходимо усовершенствование методов оценки всего комплекса устройств и систем судна, повышающих увеличение безопасности эксплуатации кораблей и судов в современных морских условиях с ужесточением норм Морского регистра.

2. Необходимо усилить контроль за допустимой величиной статической остойчивости, периодически осуществлять кренование судов всех классов как самостоятельно, так и на судостроительных и судоремонтных заводах, учитывая опыт ВМФ после гибели линкора «Новороссийск» в 1955 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шауб П.А. Чтобы реже звучал сигнал SOS // Морской вестник.–2016.– №1 (57).
2. Ярисов В.В. Проектное и нормативное обслуживание характеристик безопасности малотоннажных рыболовных судов.– Докт. дисс. 2017.
3. Семенов-Тянь-Шанский В.В., Благовеценский С.Н., Холодилин А.Н. Качка корабля. – СПб.: Судостроение.– 1969.
4. Шауб П.А. Качка поврежденного корабля: Динамическая непотопляемость.– СПб.: Изд. НИЦ «Моринтех», 2013. ■

Море всегда было, есть и будет сферой важнейших интересов и обширной деятельности человека, не смотря на то, что оно является не самой благоприятной для жизнедеятельности средой. Но в XXI в. эти интересы будут существенно трансформироваться. Важнейшими причинами этого станут коренные изменения международной обстановки, а также возрастание экономической, хозяйственной и военно-стратегической роли Мирового океана в развитии человеческой цивилизации.

Президент Российской Федерации В.В. Путин в Послании Федеральному Собранию сказал: «Россия – это крупная морская держава. Но...за последние 10 лет более 90% новых судов наши судовладельцы заказали и построили на зарубежных верфях. И если не предпринять сегодня никаких действий, отрасль просто деградирует, что в конечном итоге негативно скажется на безопасности страны, на военном кораблестроении».

Нам необходимо завоевать достойную нишу на глобальном рынке судостроения. У нас такие возможности есть. Полагаю, что в ближайшее время следует определиться с мерами господдержки судостроительной отрасли России».

Основным фундаментом развития судостроения являются государственные и федеральные целевые программы. За последние 10 лет реализованы:

ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009 – 2016 годы»;

ФЦП № 1 «Развития оборонно-промышленного комплекса».

Развернута реализация Государственной программы РФ «Развитие судостроения и морской техники для освоения шельфа на 2013 – 2030 годы».

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ФЦП

В реализации Программы развития гражданской морской техники и комплекса НИОКР приняли участие в качестве головных исполнителей около 110 предприятий отрасли, предприятий смежных отраслей и малого бизнеса, университетов. С учетом соисполнителей в программе участвовали около 450 предприятий.

Организована и проверена в деле обширная кооперация, которая укрепила научно-исследовательский и проектный потенциал отрасли в сфере гражданского судостроения, охватывающий как судостроение, так и судовое машиностроение и приборостроение.

Возрождены прежние и созданы новые коллективы исследователей и разработчиков в сфере гражданской техники. Констатируется фактическое образование центров компетенций по различным направлениям деятельности.

Создан научно-технический и проектный задел как для развития гражданского судостроения, так и для двойного использования. Это несколько десятков проектов судов и другой морской техники, часть которых уже реализуется, 1,5 тыс. новых технологий, более трети которых соответствуют или превосходят мировой уровень.

В настоящее время благодаря разработкам, выполненным

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОЕНИЯ В РОССИИ*

В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.,
ген. директор ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 4623

Количество выполненных НИОКР по технологическим направлениям

Технологические направления	Годы									Всего	%
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Освоение шельфа	1	5	22	9	19	44	12	19	131	19,3	
Научный задел	1	-	24	11	19	27	-	8	90	13,2	
Новый облик работы*	-	2	15	20	25	29	10	16	117	17,2	
Судостроительное производство	3	2	5	10	20	8	-	2	50	7,3	
Судовое приборостроение	2	13	27	13	20	35	5	10	125	18,4	
Судовое машиностроение и энергетика	-	7	19	38	23	42	5	1	135	19,9	
Системные исследования	1	-	8	7	2	5	3	6	32	4,7	
ВСЕГО	8	29	120	108	128	190	35	62	680	100	

*Данные приведены без учета Федерального агентства морского и речного транспорта и их стоимости

План и факт достижения целевых индикаторов реализации Программы в условиях сокращения объемов финансирования

Целевой индикатор	План (2008 г.)	Факт (2016 г.)	Уровень выполнения
Количество разработанных технологий:	740-860	1505	175%
в том числе соответствующих мировому уровню	280-300	528	175%
Количество патентов:	860-1040	1039	100%
в том числе права которые закреплены за РФ	560-700	734	105%
Стоимость НИОКР, млн.руб.	67 301,0	60 546,3	90%

в рамках этой программы, либо начато производство продукции, либо обеспечивается ее жизненный цикл, суммарная стоимость которой – около 500 млрд. руб.

Стоит отметить, что в условиях сокращения фактического объема финансирования относительно плана в рамках программы создано такое количество результатов интеллектуальной деятельности (РИД), которое существенно превышает плановые показатели.

На сегодняшний день для судостроительной отрасли промышленности России можно выделить как глобальные задачи, так и оперативные. Глобальные задачи закреплены основополагающими отраслевыми постановлениями Правительства РФ и профильных ведомств.

На сегодняшний день сформулированы следующие долгосрочные цели в морской области, которые предстоит решать судостроительной промышленности Российской Федерации:

1. Обеспечение добычи углеводородов на шельфе арктических морей.
2. Обеспечение круглогодичной эксплуатации трассы Северного морского пути и превращение его в постоянно действующий маршрут транспортировки грузов и пассажиров в направлении Европа–Азия.
3. Создание высокоэффективных судов для перевозок по внутренним водным путям.

* Отчетный доклад на V Съезде Общероссийской общественной организации «Российское научно-техническое общество судостроителей имени академика А. Н. Крылова», г. Санкт-Петербург, 4 октября 2017 г.

4. Развитие рыбопромыслового флота и научно-исследовательского флота, повышение объема добычи биоресурсов.
5. Переход на использование альтернативных экологически чистых видов топлива.
6. Развитие глубоководной морской техники.
7. Создание морских робототехнических комплексов.
8. Создание скоростных пассажирских судов.
9. Повышение производительности труда в судостроении в 3–4 раза за счет применения современных инновационных методов выполнения работ и организации производства.

В обеспечение решения указанных задач и инновационного развития отечественного судостроения НТО должно опираться на возможно более широкий круг организаций, причем не только отраслевых, но и других отраслей промышленности, что будет способствовать развитию трансфера межвидовых технологий, более широкой практике частно-государственного партнерства.

В свою очередь, подобные цели требуют от отрасли решения ряда обеспечивающих задач:

1. Создание научно-технического задела с учетом действующих приоритетных технологических направлений. Также усилия должны быть направлены на развитие опытно-экспериментальной базы, определяющей возможности развития науки в отрасли.
2. Развитие производственного потенциала, техническое перевооружение предприятий и освоение новых технологий.
3. Эффективное использование и коммерциализация интеллектуальной собственности.
4. Импортозамещение в сфере судового машиностроения, электротехники и морского приборостроения
5. Подготовка высококвалифицированных кадров для судостроительной отрасли.



Многофункциональный атомный ледокол оффшорного типа

Успешному достижению необходимых параметров результатов морской деятельности Российской Федерации в последние годы препятствует ряд факторов и проблем, среди которых можно выделить следующие:

1. Снижение финансовых средств федерального бюджета, выделяемых на реализацию государственных программ, касающихся судостроения.
2. Критически малое финансирование фундаментальных и поисковых исследований в интересах развития морской техники.
3. Снижение научно-технического потенциала предприятий отрасли, в том числе из-за недостаточного финансирования НИОКР.
4. Создание угрозы отставания в перспективных разработках от ведущих мировых лидеров в области морской техники.
5. Введение санкций по поставкам материалов и комплектующего оборудования.

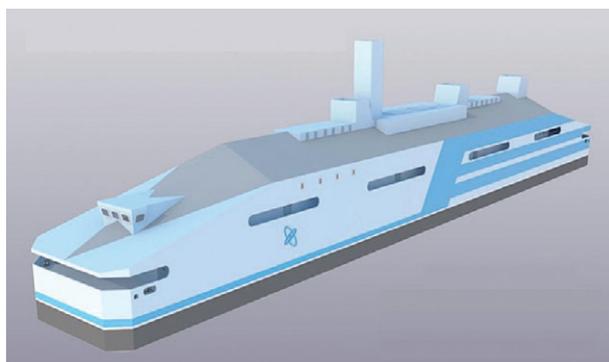
Особое место в развитии современного отечественного судостроения занимают ледокольные суда, инновационные проекты которых в последнее время активно разрабатывает ЦКБ «Айсберг». Среди них можно выделить проекты атомного ледокола-лидера мощностью 120 МВт, многофункциональ-



Атомный ледокол-лидер мощностью 120 МВт

ного атомного ледокола оффшорного типа, мелкосидящего атомного ледокола. Главными задачами ледоколов являются обеспечение круглогодичной навигации по Северному морскому пути и проведение экспедиций в Арктику. За счет увеличенной ширины корпуса предусмотрена возможность проведения крупнотоннажных судов.

В настоящее время специалистами ОАО «ЦКБ «Айсберг», ЗАО «Атомэнерго» и АО «ОКБМ «Африкантов» в инициативном порядке выполнены проработки плавучих атомных энергетических блоков (ПЭБ) с различными вариантами реакторных установок.



Проект ПЭБ на базе реакторной установки РИТМ-200М

Для обеспечения электроэнергией потребителей, расположенных на мелководных акваториях (в том числе на шельфе замерзающих морей), а также в труднодоступных районах с береговой линией, непригодной для строительства береговых и гидротехнических сооружений, предлагаются электростанции на базе морских гравитационных платформ.

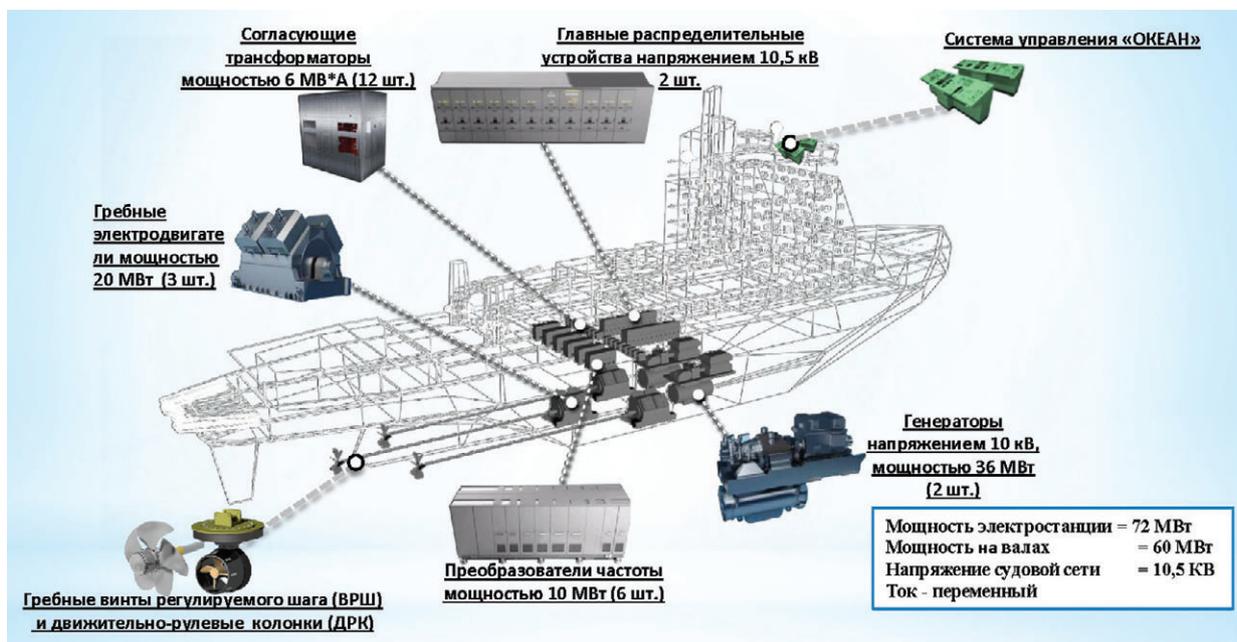
Особую актуальность сегодня приобрела проблема водоснабжения отдельных регионов, в частности Крымского полуострова. На базе плавучих энергетических блоков могут быть созданы морские опреснительные комплексы в различных исполнениях, что позволит решить практически любую задачу по водоснабжению отдельных регионов. Такие установки имеют существенный экспортный потенциал.

Единые электроэнергетические системы применяются прежде всего на судах ледокольного флота. Перспективным направлением в этой области является модульный принцип построения.



Разработка батарей топливных элементов на основе твердого полимерного электролита

В качестве примера успешного создания системы электродвижения можно привести ледокол пр. 22220 мощностью



Единая электроэнергетическая система (реализована на атомном ледоколе пр. 22220)

60 МВт, которая позволила получить ряд существенных преимуществ.

В области водородной энергетики в настоящее время: разрабатываются энергетические установки с ЭХГ для нужд военного и гражданского судостроения; создаются системы берегового обеспечения ЭУ с ЭХГ; разрабатываются батареи топливных элементов (ТЭ) на основе твердополимерного электролита; создаются производства изделий водородной энергетики.

Результаты этих работ могут использоваться также в смежных областях, например, для развития транспорта и авиостроения.

Основа современного судостроения – инновационные методы математического моделирования с использованием суперкомпьютерного кластера. В этих направлениях мы движемся в ногу с мировыми тенденциями.

При помощи данных методов можно, в частности, без больших затрат моделировать:

- вихревые структуры, образуемые в результате движения морской техники, например за рубкой ПЛ;
- кавитационные явления на лопастях гребных винтов;
- корпуса и корпусные конструкции и др.

Для решения проблем **судовой акустики** в настоящее время ведутся разработки и исследования в различных областях, в том числе: прогнозирование акустических характеристик морских объектов; создание малозумных механизмов; акустическое проектирование энергетических установок, систем и оборудования.

Прорывными технологиями в этой области являются:

- разработка современных и перспективных пассивных и активных гидроакустических покрытий на основе резины и полиуретана;
- акустическое проектирование на основе Stelth технологий;
- разработка малозумных систем очистки воздуха для ГТД;
- инновационные технологии активно-пассивного гашения колебаний.

Актуальными технологиями судовой электродинамики современности являются:

- технологии комплексного снижения электромагнитных шумов и воздействия физических полей на экипажи судов и объекты морской техники;
- лазерно-оптические методы дистанционной подводной разведки и мониторинга месторождений углеводородов;
- современные методы и технологии обеспечения микроклимата в судовых помещениях;

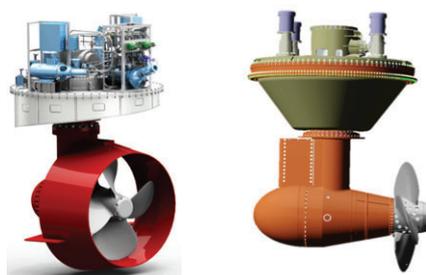
- внедрение методов контроля и прогнозирования аварийных ситуаций в районах освоения месторождений углеводородов на Арктическом шельфе.

Использование сверхпроводимости на судах и кораблях возможно благодаря эффекту снижения до нуля электрического сопротивления проводника при критической температуре. Это ведет к существенному уменьшению массы и габаритов электрооборудования. Известным примером является сравнение традиционного гребного электродвигателя и электродвигателя со сверхпроводящими обмотками. Последний выигрывает по массе в 3 раза, а по габаритам – более чем в 2 раза.

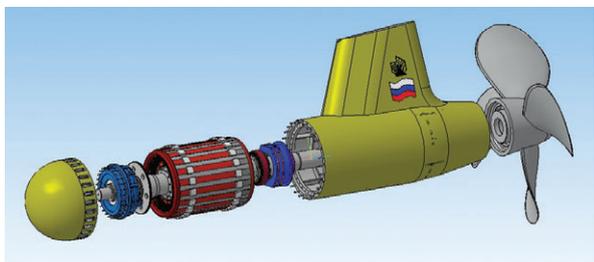
Снижение массы и габаритов корабельного электрооборудования позволит достичь синергетического эффекта, который выразится в существенном увеличении автономности за счет увеличения запаса топлива, скрытности за счет снижения шума и вибрации электрических машин, ударного потенциала за счет увеличения количества размещаемого на корабле оружия и вооружения.

При внедрении на кораблях перспективного морского оружия, требующего большой импульсной энергии, прогнозируется рост интереса к сверхпроводниковым накопителям электрической энергии.

К настоящему времени разработан типоряд движительно-рулевых колонок в диапазоне мощностей 1–9 МВт. Разработаны и поставляются на скоростные суда вентилируемые водометные движители и малогабаритные водометы. Для повышения ледовой управляемости арктические корабли должны оснащаться ЭДРК, которые позволяют сократить время полного разворота во льду до 10 раз. Разработка опытного образца ЭДРК мощностью 6,5 МВт будет завершена в «Крыловском государственном научном центре» к концу 2018 г. в рамках программы импортозамещения.



Движительно-рулевые колонки мощностью от 1 до 9 МВт ледовых классов до Icebreaker 7



Электрическая двигатель-рулевая колонка (ЭДРК)

В области судостроения и судоремонта перспективными являются технологии газотермического напыления, при помощи которых можно осуществлять:

- ремонт гребных винтов;
- ремонт деталей силовых установок и гребных валов;
- восстановление деталей оборудования;
- защиты элементов судовой арматуры;
- нанесение противокоррозионных и необрастающих покрытий.

По-настоящему перспективным является создание подводных добычных комплексов в основном для районов глубоководных месторождений углеводородов со сложной ледовой обстановкой.

Особо привлекательным становится **использование** в современных условиях морских **робототехнических комплексов**, прежде всего в сложных условиях Арктики. Основные задачи (помимо чисто военных), которые они могут решать в недоступных для других технических средств районах арктической зоны:

- охрана и защита морских нефтегазодобывающих комплексов;
- охрана и защита подводных трубопроводов и коммуникаций;
- поиск и обнаружение подводных объектов;
- формирование системы подводной связи и навигации;
- экологический мониторинг и контроль аварийных ситуаций на шельфе;
- океанологические, гидрографические исследования, геологоразведка;
- подводная добыча углеводородов.

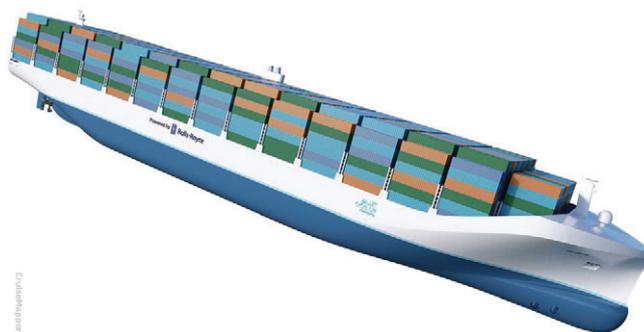
Одним из самых интересных трендов современного мирового судостроения является **развитие технологий в области автономных безэкипажных судов**. Несмотря на скептицизм многих судовладельцев и судостроителей, создание таких судов для коммерческой эксплуатации реально. Среди их преимуществ следует отметить сокращение сроков и стоимости строительства, а также эксплуатации, безопасность, поскольку автономное судоходство практически исключает влияние человеческого фактора – главной причины чрезвычайных происшествий на море.

Для справки: ежегодно в Мировом океане гибнет около 200 судов (из числа зарегистрированных Регистром Ллойда). При этом число жертв составляет свыше 2000 человек. Потери тоннажа составляют более 1 млн. т в год, а материальный ущерб от потерь превышает 4 млрд. долл. Важно отметить, что свыше 70% аварий на море происходит по вине обслуживающего персонала, а 25% – по причине выхода из строя оборудования.

Пока речь может идти о дистанционно управляемом или полуавтономном судне, на котором ряд (или большинство) систем автономны, но в той или иной степени находятся под контролем человека. Однако очевидно, что дистанционно

Развитие технологий в области безэкипажных судов

2020	2025	2030	2035
Уменьшение численности экипажа, некоторые функции автономные	Дистанционно управляемое прибрежное безэкипажное судно	Дистанционно управляемое океанское безэкипажное судно	Автономное безэкипажное океанское судно



Концепт безэкипажного контейнеровоза компании Rolls-Royce



Концепт безэкипажного экологически чистого контейнеровоза «Yara Birkeland»

управляемые суда являются промежуточным звеном между традиционным и «умным» судном.

Ниже показаны этапы создания безэкипажных судов.

Обслуживание безэкипажного судна не должно стать проблемой, поскольку сама конструкция должна быть максимально простой во избежание неполадок – технические сбои на нем будут практически сведены к нулю.

Гораздо более актуальными остаются вероятность информационного сбоя, потеря сигнала, неполадки в работе системы сенсоров. Эти вопросы являются первостепенными, и над созданием оптимальных решений работают специалисты в Европе, США и Азии.

Развитие безэкипажных судов идет одновременно с развитием технологий в области электрических импульсивных установок. По мнению экспертов компании АВВ, безэкипажное судно будет электрическим, поскольку оно более эффективно, проще в устройстве, более гибкое в эксплуатации. Большое количество механических деталей только усложнит внедрение судна в систему управления.

В заключение хочу привести слова академика В.М. Пашина из доклада на Международном семинаре по актуальным вопросам кораблестроения: «Дефицит ресурсов диктует определенную стратегию выбора новых технических идей, решений и технологий. К реализации могут быть приняты только те решения, которые дают значительный эффект, причем, чем жестче дефицит, тем более прорывными должны быть технологии.

Отсюда – чем меньше бюджетных средств, тем интенсивнее необходимо вести исследования и разработки. Только так, высокой эффективностью, можно компенсировать малую численность сил». ■

Концерн «Гранит-Электрон» разрабатывает радиолокационные комплексы на протяжении более 70 лет. Разработанные комплексы поставляются на корабли и в береговые службы ВМФ, на гражданские суда и в береговые пункты. Радиолокационная продукция занимает в концерне основной объем.

В каждое новое поколение РЛС внедряются перспективные инновационные технологии, включающие достижения в области элементной базы, технических, технологических и конструкторских решений, что позволяет создавать аппаратуру на уровне мировых разработок и активно ее внедрять в военной и гражданской областях. На примерах разработок концерна можно проследить основные направления развития современных технологий строительства морских РЛС.

Одной из важнейших проблем в корабельных комплексах РЛС является уменьшение количества антенн, резко увеличивающих эффективную площадь рассеивания (ЭПР) корабля. В направлении уменьшения количества антенн и маскировки их ЭПР в концерне разработаны и ведутся работы по внедрению унифицированных многодиапазонных и многоканальных антенн для кораблей и ПЛ. Эти унифицированные антенны работают в широком диапазоне волн и одновременно принимают информацию от авиационных и космических носителей.

В этом же направлении следующим этапом инновационного развития необходимо считать переход от вращающихся антенных систем, в том числе АФАР, к неподвижному расположению АФАР и ФАР на башенно-мачтовой конструкции (БМК). В концерне разработано предложение по размещению антенн всех диапазонов на одной грани БМК (рис. 1), обеспечивающих излучение в трех частотных диапазонах и прием в широком диапазоне частот.

Для решения проблемы уменьшения веса БМК институт по программе развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) провел ОКР «ГСН АФАР» по разработке современной перспективной технологии построения антенного полотна с учетом миниатюризации для бортовых радиолокационных комплексов, которая ляжет в основу конструкции и производства АФАР и ФАР для корабельных РЛС.

Другим особенно важным является решение по созданию и внедрению впервые в российском флоте антенны непроницающего типа для ПЛ, при котором исключаются волноводные вводы в прочный корпус. Вся связь с забортовой аппаратурой осуществляется по кабелям и волоконно-оптическим линиям, в том

СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ КОРАБЕЛЬНЫХ И БЕРЕГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ*

*Г.А. Коржавин, д-р техн. наук, проф., ген. директор
АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 271 6774*

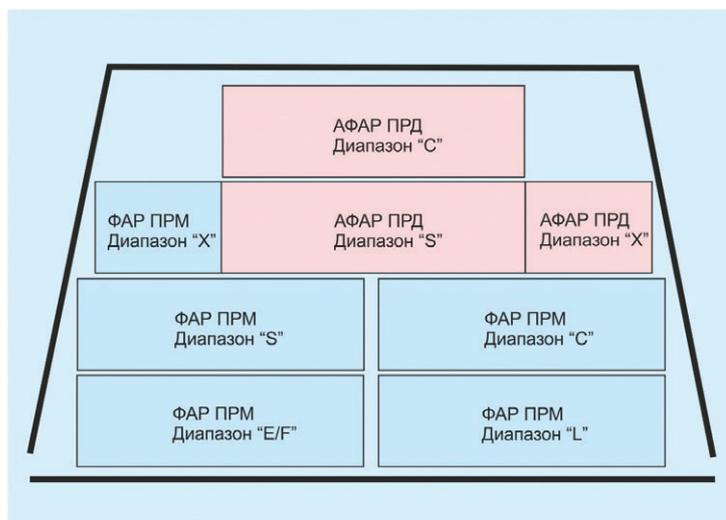


Рис. 1. Вариант расположения полотен АФАР различных литер на одной из четырех граней БМК корабля

числе высокочастотным, через гермопереходы.

При большом многообразии создаваемой радиолокационной техники важным является унификация аппаратуры, выполняющей обработку информации и взаимодействие с другими системами корабля. В этом направлении концерном разработана технология модульного построения аппаратуры, учитывающая унификацию схемных и конструкторских решений. Другими словами, предложен целый модельный ряд различных комплексов РЛС. Это можно продемонстрировать на примерах разработанной и поставленной аппаратуры [1]. Так, предназначенная для малых кораблей типа «корвет» (рис. 2) базовая аппаратура комплекса (приемное и передающее устройство, устройство обработки, индикаторы, вторичное питание) составляет основу РЛС для средних и больших кораблей типа «фрегат». Подобная унификация позволяет значительно сократить время на разработку электрических схем и конструкции, сократить время на подготовку производства и, в конечном счете, повышает надежность аппаратуры.

Унификация радиолокационной аппаратуры обеспечивает возможность без больших затрат включать в другие кора-

бельные комплексы, например, в состав главного командного пункта корабля или в состав интегрированной системы боевого управления (ИСБУ) корабля или ПЛ. В этом случае радиолокационная часть РЛС строится на базе унифицированных приборов, а вычислительная система является централизованной и решает с определенным приоритетом все информационные задачи корабля.

Не менее важным направлением развития радиолокации для гражданского флота является разработка навигационных станций типа «Океан» и «Обзор». Сегодня проведена модернизация РЛС в части применения современной элементной базы и замены принципа действия с учетом инновационного зондирующего сигнала на принципах фазовой манипуляции, что позволяет существенно повысить помехозащищенность на фоне естественных и промышленных помех и достичь полной электромагнитной совместимости в условиях корабля. На рис. 3 приведен модернизированный вариант навигационной радиолокационной станции (НРЛС) двойного назначения «Океан К».

Береговые РЛС, установленные в портах и на защитных сооружениях типа дамбы, работающие в диспетчерском режиме для проводки судов в морских и

* Отчетный доклад на V Съезде Общероссийской общественной организации «Российское научно-техническое общество судостроителей имени академика А. Н. Крылова», г. Санкт-Петербург, 4 октября 2017 г.

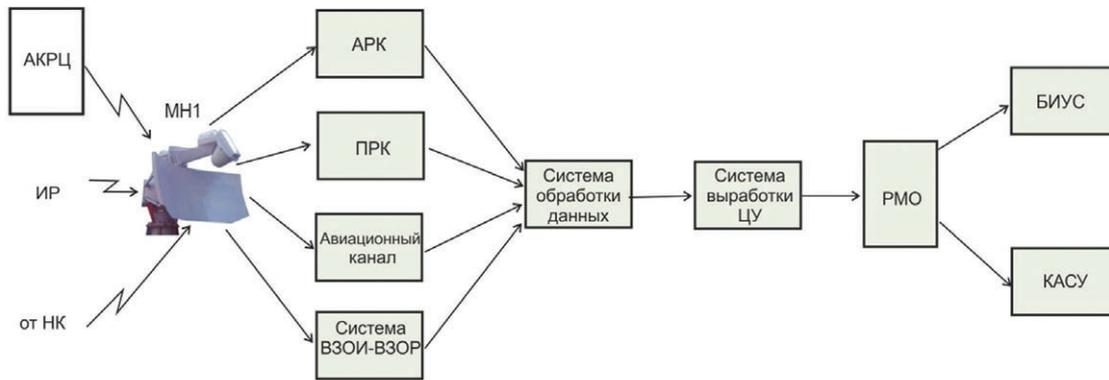


Рис. 2. Многофункциональный радиолокационный комплекс для НК типа «корвет»

речных акваториях, сегодня весьма востребованы, особенно в условиях освоения арктического побережья и проводки судов по северному морскому пути в условиях сложных ледовой и метеорологической обстановки.

С целью создания современных РЛС, работающих в условиях Севера и решающих вопросы метеорологии и анализа ледовой обстановки концерн выполнил ОКР «Угра» по заданию Минпромторга, в которой предложил и реализовал инновационное решение – использование многочастотной локации (10 см, 3 см, 8 мм) для определения наличия гидрометеоров, дальности до них и состояние ледовой обстановки, определяемых РЛС, расположенной как на берегу, так и на судне (рис. 4).

На рис. 5–6 показаны реальные характеристики состояния ледовой обстановки и открытой водной поверхности, полученные на мониторе РЛС, по которым можно определить торосистость льда, его состояние, паковый или молодой лед и т. д. [2, 3]. Это дает возмож-

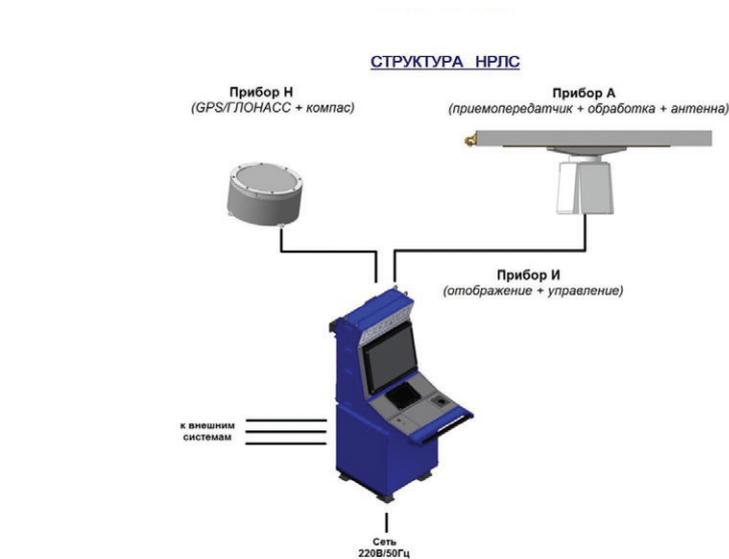


Рис. 3. Корабельная НРЛС «Океан К»

ность при управлении судна ледокольного типа выбирать наиболее безопасный путь во льдах. По своей инициативе

концерн разрабатывает устройство на базе специальной РЛС с сверхкоротким зондирующим сигналом для измерения

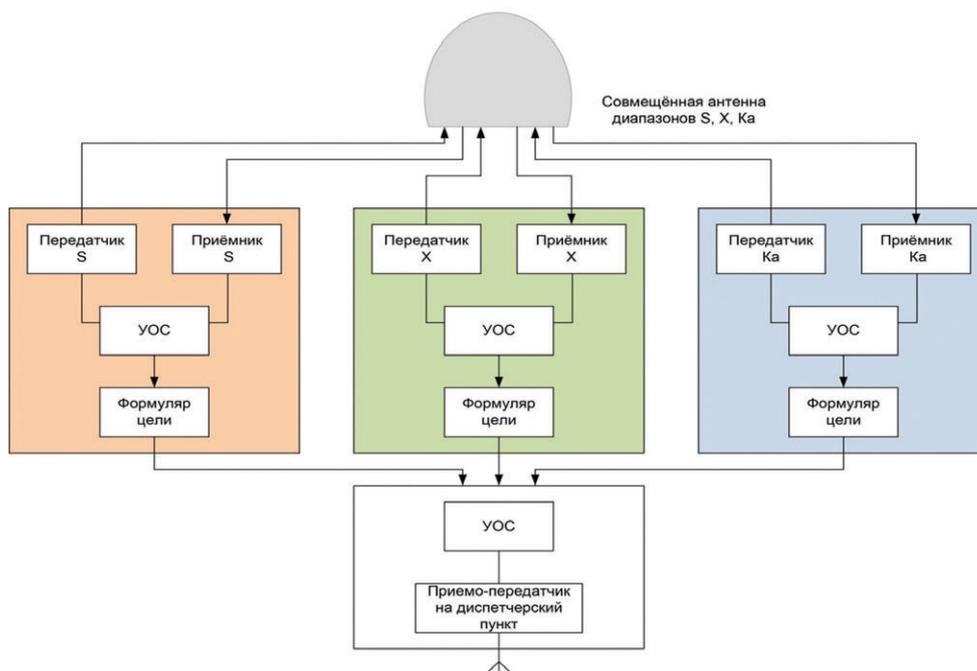


Рис. 4. Структурная схема трехдиапазонной РЛС «Угра»

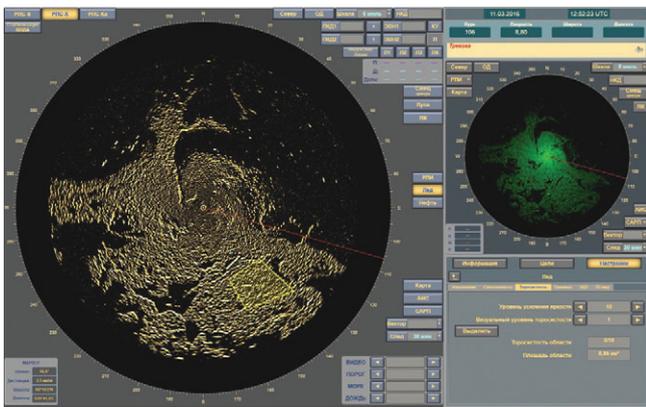


Рис. 5. Торосистость льда

толщины льда (ОКР «Лед»). РЛС разрабатывается в двух вариантах:

- для установки на борту судна;
- для установки на борту БПЛА с передачей информации на судно.

Новым направлением для береговых РЛС с пунктами вынесенных необслуживаемых информационных датчиков (ПВНИД) в Арктике является предложение концерна по созданию серии необслуживаемых РЛС, расположенных в наиболее опасных зонах на побережье, осуществляющих наблюдение за надводной и воздушной обстановкой, ледовым и гидрометеорологическим состоянием атмосферы (рис. 7). Информация передается на диспетчерские пункты управления судоходством или в штабы управления флотом. Эти РЛС могут базироваться на принципах, разработанных в ОКР «Утра», а система береговых РЛС должна обслуживать как гражданское судоходство по северному морскому пути, так и служить системой освещения надводной обстановки (ОНО) и ЦУ для кораблей и оружия ВМФ.

С целью поддержки реализуемых в концерне инновационных технологий

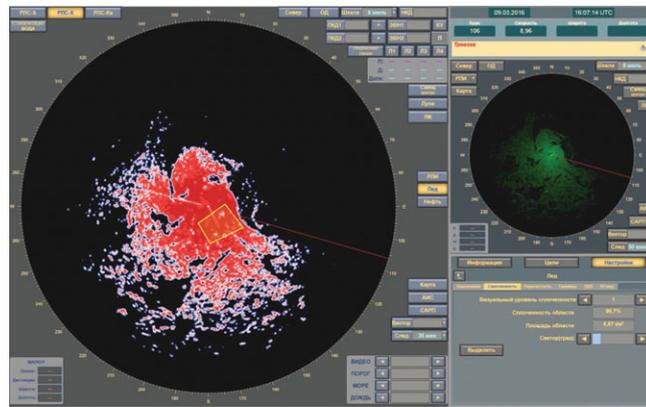


Рис. 6. Сплоченность льда

развития РЛС военного и гражданского назначения в рамках Программы развития гражданского судостроения и ОПК гражданской программы вооружения концерн предлагает проведение ряда НИР и ОКР, наиболее актуальных в настоящее время, в ближайшей и отдаленной перспективе. В этом отношении РосНТО им. А. Н. Крылова оказывает существенную поддержку, оценивая актуальность предлагаемых работ.

К основным таким направлениям работ необходимо отнести:

- развитие унификации многоканальных, многодиапазонных корабельных антенных систем;
- разработку конструкций АФАР и ФАР на базе БМК;
- разработку необслуживаемых РЛС в северном климатическом исполнении;
- решение конструкторской миниатюризации РЛС с целью размещения на малых ракетных катерах;
- введение цифровой обработки сигналов, начиная с цифровых АФАР;
- повышение надежности и удешевления изготовления аппаратуры РЛС.

Со своей стороны, концерн «Гранит-Электрон» ежегодно планирует в инициативном порядке, за счет фонда научно-технического развития, проведение НИОКР по разработке основных научно-технических решений в направлениях, указанных выше.

В рамках РосНТО им. А. Н. Крылова, секции по морскому приборостроению, которую возглавляет концерн, ежегодно проходят два-три семинара по актуальным проблемам морского приборостроения с участием представителей заинтересованных предприятий по кораблестроению и приборостроению. Мнение научно-технической общественности РосНТО им. А. Н. Крылова помогает выбирать наиболее актуальные и перспективные направления работ по совершенствованию инновационных технологий в рамках АО «Концерн «Гранит-Электрон», что определяет его устойчивое положение на российском и зарубежном рынках морского приборостроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коржавин Г.А., Подоплёкин Ю.Ф., Иванов В.П. Состояние и стратегия развития корабельных и радиолокационных средств // Морской вестник. – 2012. – № 1 (41). – С. 43–47.
2. Подоплёкин Ю.Ф., Симановский И.В., Каманин В.В., Шахатуни М.Е., Юрескул А.Г. Практика мониторинга морской поверхности для оценки состояния экосистемы // Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы. – 2012. – Вып. № 16. – С. 116–121.
3. Подоплёкин Ю.Ф., Симановский И.В., Каманин В.В., Юрескул А.Г. Основные тенденции развития методов наземной обработки современных комплексов управления беспилотными летательными аппаратами морского базирования // Морской вестник. – 2012. – № 3 (43). – С. 65–67. ■



Рис. 7. Структура и расположение составных частей РЛС с ПВНИД

Важность инновационной работы в современных условиях не вызывает сомнения. Поэтому в конце 2011 г. был создан Инновационный комитет Научно-технического общества (НТО) судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. В его состав вошли руководители секций НТО предприятий всех судостроительных предприятий Санкт-Петербурга. Прошедший в конце 2017 г. V Съезд Российского НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова подтвердил важность его участия в инновационной деятельности.

За прошедший период в НТО от судостроительных предприятий поступило большое число инновационных предложений. Ряд из них, по мнению комитета, имеют значительный научный и практический интерес. После одобрения они направлялись в Комитет по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга. Однако, к сожалению, там они не нашли должной поддержки.

В результате анализа создавшегося положения удалось выяснить, что способствовать решению стоящих перед нами задач может Фонд развития промышленности Санкт-Петербурга, который в определенной степени сам заинтересован во взаимодействии с нашим комитетом по этим вопросам, поскольку он объединяет практически все судостроительные предприятия. Это мнение нашло подтверждение в работе расширенного заседания комитета НТО, на которое был приглашен директор этого Фонда кандидат технических наук Евгений Зиновьевич Шапиро.

Цель Фонда (располагается по адресу: Санкт-Петербург, Боровая ул., д.26–28, лит.А, пом.3Н) – организация и осуществление региональных инновационных программ и проектов, направленных на поддержку развития промышленности. Задачей Фонда являются содействие выпуску импортозамещающей продукции, поддержка развитию экспортного по-

СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ИННОВАЦИОННОГО КОМИТЕТА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А.Н. КРЫЛОВА

П.И. Малеев, д-р техн. наук,
председатель Инновационного комитета НТО судостроителей,
контакт. тел. +7 (960) 283 2609

тенциала, участие в реализации задач по повышению занятости населения, обеспечение роста налоговых поступлений в городской и федеральный бюджеты. Фонд предлагает максимально льготные условия финансирования в форме займа. Сумма займа – от 30 до 150 млн. руб. Процентная ставка займа – 5% годовых. Срок погашения – до 5 лет.

Основные цели предоставления займа:

- приобретение или использование специального оборудования для проведения необходимых опытно-конструкторских работ и отработки технологии, включая создание опытно-промышленных установок;
- оплата аванса по лизингу;
- разработку новой технологии, включая:
 - опытно-конструкторские и опытно-технологические работы;
 - технические, производственно-технологические, маркетинговые тестирования и испытания;
 - проведение патентных исследований, патентование разработанных решений;
 - приобретение расходных материалов.

Основными требованиями к подаваемому в фонд проекту являются:

- рыночная перспективность и потенциал импортозамещения продукта;

- научно-техническая перспективность проекта, включая соответствие принципам наилучших доступных технологий;
 - производственная обоснованность проекта и стратегия заинтересованности компании в его реализации.
- Фонд работает также по программе «Лизинговые проекты» стоимостью от 5 млн. руб. под 3% годовых.

В соответствии с изложенным представляется целесообразным руководителям секций – членам комитета НТО:

- ознакомиться с возможностями финансирования инновационных работ с помощью Фонда;
- выявлять на предприятии инновационные предложения;
- оказывать помощь авторам таких предложений в подготовке инновационных материалов для подачи их в Фонд;
- направлять инновационные предложения в комитет НТО судостроителей для рассмотрения и оказания поддержки в Фонде;
- осуществлять содействие в оформлении договорных обязательств с Фондом;
- осуществлять сопровождение в процессе выполнения инновационной работы;
- периодически на заседаниях комитета обсуждать ход выполнения работы по договору и ее результаты.



12 декабря 2017 г. состоялось очередное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга. На нем присутствовали директора или заместители директоров 39 предприятия из 49 предприятий – членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета Т. И. Чекалова, представитель Комитета по образованию Ю. В. Симаков и Комитета по науке и высшей школе О. В. Момякова, представители НТО им. акад. А. Н. Крылова, председатель территориальной организации профсоюзов С. П. Максименко, председатель Союза ветеранов судостроения Петербурга А. И. Затчаев, пресса и ТВ.

Председатель собрания – президент Ассоциации В. Л. Александров.

1. С докладом о состоянии и перспективах совершенствования учебного процесса по подготовке инженерных кадров для судостроения выступил декан факультета СПбГМТУ Г. В. Проценко. Он подчеркнул, что для подготовки инженерных кадров, создающих перспективную морскую технику, необходимы актуализация образовательных программ, широкое развитие системы практик, вовлечение в учебный процесс ведущих специалистов промышленности, создание эффективно работающих базовых кафедр, развитие целевого обучения студентов по заказу промышленности, а также устойчивое функционирование системы повышения квалификации, переподготовки профессорско-преподавательского состава СПбГМТУ и инженерно-технических работников промышленности.

«Глубокую озабоченность, – сказал докладчик, – вызывает возрастной состав профессорско-преподавательского коллектива СПбГМТУ, особенно состав выпускающих кафедр. Последнее может привести к прекращению качественной подготовки инженерных кадров по ряду важнейших для судостроения, корабельного вооружения, энергетики направлениям».

2. О конкурсах профессионального мастерства как форме социального партнерства доложил заместитель директора «Колледжа судостроения и прикладных технологий» С. В. Симаков. Высокую активность при подготовке и проведении таких конкурсов проявляют и участвуют в жизни колледжа ряд предприятий, в первую очередь «Адмиралтейские верфи» и «Северная верфь».

«Хотелось бы, – заметил он, – чтобы больше предприятий помогали учебным заведениям в проведении производственной практики и конкурсов профессионального мастерства».

ИТОГИ СОВМЕСТНЫХ СОБРАНИЙ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ СУДОСТРОЕНИЯ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, контакт. тел. (812) 786 1172



С.Р. Козырева

3. Об опыте взаимодействия с представителями сферы труда по специализации «судостроение» в целях повышения практической ориентированности образовательных программ на основе профессиональных стандартов рассказала заместитель директора Петровского колледжа С. Р. Козырева. С целью совершенствования профессиональной подготовки по специальности «судостроение» и смежных специальностей Петровский колледж намерен выйти с инициативой создания образовательного центра в форме кластера.

4. Об открытии именной аудитории кораблестроителей в Военно-морском политехническом институте сообщил академик РАН, начальник Военного института (Военно-морского политехнического) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» Е. И. Якушенко. Таких лабораторий в институте открыто более 20.

Затем о работе Агентства стратегического развития Кронштадта проинформировал директор ПФ «Союзпроектверфь» ЦТСС В. Н. Киреев.

Одним из основных направлений развития г. Кронштадта является создание военно-патриотического парка «Патриот». Однако, по замечанию Т. И. Чекаловой, пятно застройки, предусмотренное проектом новой верфи, не согласуется с размещением ряда объектов парка «Патриот». Кроме того, она сообщила о планах установить на площади Труда памятника Ф. Ф. Ушакову.

О роли Института морской техники и технологии (ИМТиТ) в составе СПбГМТУ в развитии интеграции образования, науки и промышленности подробно рассказал его директор В. Л. Александров.

Он же обратился к присутствующим с пожеланием активнее участвовать в написании статей для журнала «Судостроение» на 2018 г.



Исполнительный директор Ассоциации А. А. Юрчак доложил, что Правительством Санкт-Петербурга принято решение подать заявку на проведение Чемпионата Европы по профессиональному мастерству в нашем городе. Эта заявка должна быть поддержана промышленными организациями.

В обсуждении докладов и информации приняли участие В. Л. Александров, С. Г. Борисова, В. В. Венков, А. В. Пен, Е. А. Горин, Ю. В. Сентябров, Т. И. Чекалова.



Е.А. Горин

21 февраля 2018 г. состоялось собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга в ЦТСС (Санкт-Петербург).

На собрании присутствовали директор или заместители директоров 37 предприятий из 49 предприятий – членов Ассоциации, Ответственный секретарь Морского Совета СПб Т. И. Чекалова, председатель Комитета промышленной политики и инноваций Правительства Петербурга М. С. Мейксин, представители НТО им. акад. А. Н. Крылова, председатели территориальных организаций профсоюзов С. П. Максименко и Н. С. Чалов, председатель Союза ветеранов судостроения Петербурга А. И. Затчаев, пресса и ТВ.

Председатель собрания – В. Л. Александров, президент Ассоциации.

Участники собрания заслушали доклад председателя КППИ Правительства Санкт-Петербурга М. С. Мейксина, в котором он подвел предварительные итоги работы промышленности Санкт-Петербурга, в том числе предприятий судостроения, по итогам 2017 г. и задачи на 2018 г.

В рейтинге инновационных регионов промышленность Санкт-Петербурга заняла первое место; рост промышленного производства составил 5,5%; объем отгруженной продукции составил 3 трлн. руб. (рост – 6,6%), а вклад судостроения – 80 млрд. руб. Далее он

Решения собрания:

1. Поддержать развиваемую в СПбГМТУ систему непрерывного профессионального образования и предлагаемые для повышения ее эффективности структурно-управленческие решения.

Учитывая возрастной состав профессорско-преподавательского коллектива СПбГМТУ, для обеспечения преемственной подготовки инженерных кадров предложить руководству университета разработать комплекс мер по подготовке и привлечению к преподавательской деятельности перспективной научной молодежи.

2. Рекомендовать руководителям предприятий–членов Ассоциации усилить работу в части освещения конкурсного движения, используя СМИ предприятий, а также городских СМИ.

Обратить внимание руководителей предприятий–членов Ассоциации на то, что во внедрении элементов дуального образования в учебный процесс заинтересованность и ответственность за качество подготовки рабочего должны разделять как колледж, так и работодатель.

3. Поддержать инициативу коллектива Петровского колледжа и рекомендовать ему разработать концепцию упомянутого кластера и направить ее в Комитет

по науке и высшей школе Правительства Петербурга и руководству Объединенной судостроительной корпорации.

4. Поручить президенту Ассоциации В. Л. Александрову продолжить консультации с руководством Военно-морского политехнического института по вопросу открытия именной аудитории кораблестроителей.

5. Одобрить и поддержать создание военно-патриотического парка «Патриот» как одного из основных направлений развития г. Кронштадта и намерение установить на площади Труда памятник Ф. Ф. Ушакову.

6. Одобрить постройку новой верфи для строительства крупнотоннажных судов и крупных военных кораблей как промышленную составляющую концепции развития г. Кронштадта. Поручить заместителю генерального директора ЦТСС, директору ПФ «Союзпроектверфь» В. Н. Кирееву совместно с авторами проекта парка «Патриот» в рабочем порядке устранить нестыковки в размещении объектов на генплане этих проектов.

7. Поддержать идею проведения Чемпионата Европы по профессиональному мастерству в Санкт-Петербурге. ■



Слева направо: М.С. Мейксин, В.Г. Левченко, В.Л. Александров, Л.Г. Грабовец

отметил, что запущено 24 новых производства, но предприятия судостроения нуждаются в модернизации, для чего Законом о налоговых льготах устанавливаются льготные налоги на прибыль, имущество и землю. В целом ситуация в судостроении города и области стабильна и уровень загрузки высокий.

Затем с анализом основных целевых статей расхода бюджета страны на 2018 г. для судостроения в сравнении с другими отраслями ВПК выступил заместитель генерального директора завода «Пелла», эксперт Ассоциации И. Л. Вайсман.

Бюджет 2018 г. увеличен на 2 трлн. руб. В нем приоритетными статьями

остаются социальные, адресованные незащищенным слоям населения. Значительно возросли расходы на оборону и безопасность страны.

И. Л. Вайсман обратил внимание на тяжелую обстановку, сложившуюся в промышленном флоте страны, который недопустимо устарел, и его эксплуатация связана с большими нерациональными расходами. Плавсредства промышленного флота, как известно, являются продукцией двойного назначения.

С отчетом Исполнительной дирекции о работе Ассоциации в 2017 г. выступил А. А. Юрчак.

Работа Ассоциации в отчетном году велась в строгом соответствии с Уста-

вом и утвержденным планом. Как известно, в 2017 г. Ассоциация отметила свое 25-летие и вступила в Региональное объединение работодателей СПП Санкт-Петербурга.

В настоящее время разработан проект плана работ Ассоциации и разослан на согласование.

Претензий к работе исполнительской дирекции со стороны фискальных органов и банка нет.

После обсуждения основной повестки собрания исполнительный вице-президент СПП Петербурга Е. А. Горин сообщил о проведении 20–22 марта 2018 г. в КВЦ «Экспофорум» XIV Петербургской технической ярмарки и выставке «Российский промышленник».

Слово взяла ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Петербурга Т. И. Чекалова. Она отметила заметные успехи в судостроении и судоходстве Санкт-Петербурга и дала положительную оценку работы Ассоциации как секции по судостроению Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга. Затем она обратила внимание присутствующих на недостаточную активность молодежи судостроительных предприятий в мероприятиях Морского Совета и Морского молодежного совета.

После этого В. Л. Александров как доверенное лицо В. В. Путина напомнил о необходимости принять активное участие в выборах Президента РФ 18 марта 2018 г. и выразил озабоченность перспективами «Адмиралтейских верфей» и Балтийского судостроительного завода.

Президент Фонда развития промышленности Е. З. Шапиро рассказал об оказании поддержки промышленным предприятиям девяти отраслей, существовании льгот по лизингу отечественного оборудования и возмож-

ности приобретения оборудования, минуя лизинговые компании.

В заключение генеральный директор АО «Транстех Нева Эксипишнс» А. Н. Тихомиров напомнил, что выставка «Нева» является одной из крупнейших на европейском пространстве и проводится в Санкт-Петербурге по четным годам. Военно-морской салон проводится во Владивостоке по четным годам и в Санкт-Петербурге – по нечетным. Кроме того, АО «Транстех Нева Эксипишнс» выражает намерение вступить в Ассоциацию судостроителей Петербурга и Ленинградской области.

Такое же намерение выразил СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», где создана кафедра судовой и корабельной электротехники и электроавтоматики, кроме того, «ЛЭТИ» активно сотрудничает с Крыловским ГНЦ, Балтийским судостроительным заводом, ЦТСС и другими судостроительными предприятиями города.

В обсуждении докладов и информации приняли участие В. Л. Александров, Л. Г. Грабовец, Ю. С. Радзевич, Т. И. Чекалова.

Решения собрания:

1. Информацию доклада принять к сведению. Руководителям предприятий-членов Ассоциации рекомендовать обратить внимание и воспользоваться серьезными льготами, предоставляемыми государством для модернизации производства.

Обязать руководителей предприятий-членов Ассоциации провести в своих коллективах необходимую работу для обеспечения активной явки на выборы Президента РФ. Просить Председателей территориальных организаций профсоюзов С. П. Максименко и Н. С. Чалова провести аналогичную работу силами профкомов предприятий.

2. Информацию по докладу И. Л. Вайсмана принять к сведению. Поручить исполнительской дирекции Ассоциации подготовить обращения в адрес Администрации Президента РФ и премьер-министра по вопросу кардинального обновления промышленного флота, его строительства на отечественных верфях.

3. Отчет исполнительской дирекции, проект плана работы и сметы расходов на 2018 г. утвердить.

4. Рекомендовать руководителям предприятий-членов Ассоциации принять участие в выставочных мероприятиях 2018 г., в первую очередь в Технической ярмарке 20–22 марта 2018 г.

5. Обратить внимание руководителей предприятий-членов Ассоциации на целесообразность вовлечения молодежи своих предприятий в мероприятия Морского Совета при Правительстве города и Морского молодежного совета. Поручить исполнительской дирекции разослать план работы Морского Совета при Правительстве СПб на 2018 г. предприятиям-членам Ассоциации.

6. Принять к сведению заявление Председателя КППИ Правительства города М. С. Мейксина, что городу удалось отстоять строительство в Санкт-Петербурге ледокольного флота и подводных лодок, а вопрос о перспективах «Адмиралтейских верфей» и Балтийского судостроительного завода находится на контроле губернатора.

7. Информацию президента Фонда развития промышленности и генерального директора АО «Транстех Нева Эксипишнс» принять к сведению.

8. Принять СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в члены Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. ■



9 февраля 2018 г. по традиции в Тронном зале Екатерининского дворца Государственного музея-заповедника «Царское Село» в городе Пушкине в честь 108-й годовщины создания Морского Собрания Санкт-Петербурга состоялась 47-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания.

Среди почетных гостей на ассамблее присутствовали Главнокомандующий ВМФ России адмирал В. И. Королёв, Полномочный Представитель Президента РФ в Северо-Кавказском Федеральном округе О. Е. Белавенцев, Полномочный Представитель Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе А. Д. Беглов, Глава Республики Ингушетия Юнус-Бек Баматгиреевич Евкуров, Глава Кабардино-Балкарии Ю. А. Коков.

Встречали гостей на втором этаже парадной лестницы Монигетти, перед Тронным залом, председатель Морского Собрания Санкт-Петербурга Н. В. Орлов и генеральный директор ГМЗ «Царское Село», почетный член Морского Собрания О. В. Таратынова. До начала Ассамблеи гости могли ознакомиться с экспозицией, посвященной правящей в России до 1917 г. династии Романовых, а затем просмотреть на установленном в Тронном зале большом экране короткометражные фильмы из жизни ВМФ России и послушать концерт солистов Мариинского театра, в исполнении которых звучала великолепная классическая музыка, арии из опер итальянских композиторов, песни на стихи русских поэтов.

По завершении концерта торжественно прозвучали фанфары, и председатель Морского Собрания Н. В. Орлов открыл Ассамблею. По команде знаменная группа РПК ЗВО внесла Юбилейный знаменный флаг, затем был исполнен гимн Морского Собрания. Н. В. Орлов предоставил слово духов-

47-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*Г.А. Гребеницкова, д-р истор. наук, проф., историограф СПб МС,
контакт. тел. (812) 312 5396*



нику Морского Собрания настоятелю Никольского Богоявленского Кафедрального Собора протоиерею Богдану Сойко, который благословил работу ассамблеи и подчеркнул, что в преддверии Великого Поста, который начнется 19 февраля и продлится до 7 апреля, очень важным становится приумножение духовных ценностей нашего общества, нравственное совершенствование каждого человека и его неиссякаемая надежда на Бога.

Н. В. Орлов доложил о проделанной работе в 2017 г. и отметил ряд главных мероприятий с участием Морского Собрания: это – Морской парад, научные конференции, «круглые столы», которые прошли в Санкт-Петербурге, в Турции, Москве, Выборге. Морское

Собрание принимало участие в крупных общероссийских и международных симпозиумах, посвященных знаменательным датам из истории русского флота, его боевой деятельности и взаимодействию с сухопутными силами, а также выдающимся флотоводцам. В стенах Морского Собрания прошли встречи с представителями исторической и культурной общности города, на которых обсуждались актуальные проблемы истории нашего Отечества и флота, были заслушаны доклады о судьбах моряков и известных морских династий России. Н. В. Орлов также доложил о реализации издательских проектов, издании литературы для детей в целях патриотического воспитания молодежи. Среди изданных научных трудов и монографий он отметил книги «Главный военно-морской парад России» и «Морское сражение под Наварином. Причины и следствия», презентация последней состоялась в Центральном военно-морском музее.

Затем Главнокомандующий ВМФ России адмирал В. И. Королёв поздравил всех со 108-й годовщиной Морского Собрания, подчеркнул его важнейшую роль в сплочении морских офицеров, в сбережении духовных и воинских традиций на флоте, огромный вклад Собрания и лично Н. В. Орлова в дело перезахоронения последнего морского министра императорской России И. К. Григоровича. Особенную признательность и благодарность В. И. Королёв выразил председателю Н. В. Орлову за большую патриотическую и книгоиздательскую деятельность,



Слева направо: Юнус-Бек Баматгиреевич Евкуров, О.Е. Белавенцев, А.Д. Беглов, В.И. Королёв

разностороннюю помощь входящим в ассоциацию Морским Собраниям Рос-



Н.В. Орлов (слева) и В.И. Королёв

сии и медицинским учреждениям. В заключение он доложил об успехах военно-морских сил России в обеспечении обороны государства на Черном море и Балтике, Тихом океане и на северных рубежах, в выполнении военно-дипломатических миссий в Средиземном море. Присутствующим на ассамблее высоким гостям В. И. Королёв вручил сувениры и памятные подарки.



О.В. Таратынова (слева) и Ю.Б. Евкуров

Торжественную часть продолжила церемония подписания соглашения о

дружбе и сотрудничестве между Республикой Ингушетия и Государственным художественно-архитектурным дворцово-парковым музеем-заповедником «Царское Село». Подписи на документах поставили директор музея-заповедника Ольга Таратынова и Глава Республики Ингушетия Юнус-Бек Евкуров.

Далее Н. В. Орлов объявил решение Совета старшин о приеме в Почетные члены Морского Собрания командующего Краснознаменным Северным флотом адмирала Н. А. Евменова, командующего Дважды Краснознаменным Балтийским флотом вице-адмирала А. М. Носатова, командующего Тихоокеанским флотом адмирала С. И. Авакянца и вручил им дипломы, золотые знаки и памятные подарки.

Торжественная часть Ассамблеи завершилась награждением орденами и медалями Морского Собрания; приказ об этом зачитал первый заместитель председателя Морского Собрания адмирал В. П. Иванов.

В соответствии с Уставом и Положением о наградах Морского Собрания и решением Совета старшин за заслуги в успешном выполнении флотских задач, в подготовке морских кадров и развитии отечественного судостроения были награждены:

- орденом «За заслуги» 1-й степени А. В. Яловенко, В. Д. Каминский, Ю. М. Коновалов;
- орденом «За трудовую доблесть» 1-й степени П. П. Паринов, Н. П. Мартынов, В. И. Овчинников;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 1-й степени С. О. Барышников, А. Е. Бабушкин;
- орденом «За заслуги» 2-й степени М. В. Малюшин, С. А. Фарков;

- орденом «За воинскую доблесть» 2-й степени командующий Северным флотом адмирал Н. А. Евменов, командующий Балтийским флотом вице-адмирал А. М. Носатов, командующий Тихоокеанским флотом адмирал С. И. Авакянц;



А.М. Носатов (слева) и Н.В. Орлов

- орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й степени Ю. А. Митрофанов, С. Э. Крижевский;
- орденом «За трудовую доблесть» 2-й степени В. Н. Илюхин, А. В. Кременчугский;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 3-й степени С. В. Литвинов, А. Б. Давыдов;
- золотой медалью «Петр Великий» С. А. Желдыбин, А. В. Владимирцев, А. Б. Волков, А. В. Кораблёв, В. А. Любомиров;
- серебряной медалью «Академик А. Н. Крылов» И. М. Мухутдинов.

Награды вручал председатель Морского Собрания Н.В Орлов, который поздравил всех со 108-й годовщиной Санкт-Петербургского Морского Собрания и пожелал всем крепкого здоровья и благополучия. ■

Фото пресс-секретаря Морского Собрания И.А. Лещенко



1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 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 621.039.533.6+621.431 **Ключевые слова:** СПМБМ «Малахит», подводная лодка, обитаемый глубоководный аппарат, проектирование, история

Р.А. Шмаков. 70 лет Санкт-Петербургскому Морскому бюро машиностроения «Малахит» // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 1

Подробно рассказано о создании Санкт-Петербургского Морского бюро машиностроения «Малахит», его развитии, проектах подводных лодок, в том числе атомных, разработанных в бюро, а также о создании обитаемых глубоководных аппаратах. Ил. 19.

УДК 621.039.533.6+621.165 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», тральщик, патрульный корабль ледового класса, малый ракетный корабль, опытовое судно

Д.Е. Цыганков. АО «ЦМКБ «Алмаз»: краткие итоги 2017 года // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 11

Перечислены корабли, которые были построены и сданы ВМФ России и ВМС Вьетнама в 2017 г., а также отмечена закладка тральщиков пр. 12700 для ВМФ России и передача тральщика пр. 107503 для ВМС Казахстана. Ил. 8.

УДК 621.039:533 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», дизель-электрический ледокол «Илья Муромец», проектирование, постройка

М.В. Бахров. Опыт проектирования и строительства дизель-электрического ледокола «Илья Муромец» пр. 21180 для ВМФ России // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 15

Знакомит с этапами проектирования ледокола «Илья Муромец» в АО «КБ «Вымпел». Приведены его основные характеристики, охарактеризовано оборудование. Ил. 5.

УДК 629.5:621.039 **Ключевые слова:** иностранные ВМС, десантный авианесущий корабль, применение, характеристики

Д.В. Курочкин. Современные десантные авианесущие корабли иностранных ВМС // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 19

Дан обзор иностранных десантных авианесущих кораблей. Приведены их характеристики. Обозначены возможности применения этих кораблей. Ил. 1 Т. 1.

УДК 621.039.533.6+621.431 **Ключевые слова:** рейдовый перевалочный комплекс, безопасность, надводный борт, открытый трюм, расчет качки, заливаемость

Г.В. Егоров, М.А. Кутейников, И.Ф. Давыдов, В.И. Тонюк, М.Е. Захаров. Обоснование надводного борта кранового несамоходного судна «открытого» типа расчетным моделированием качки и заливаемости // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 27

Обоснована возможность эксплуатации кранового несамоходного судна с открытым трюмом в качестве рейдового перевалочного комплекса на основе расчетного моделирования параметров качки и заливаемости при надводном борте, назначенном в предположении об условном наличии люковых крышек. Т. 3. Ил. 11. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.039.5 **Ключевые слова:** «Пелла», промышленное судно ледового класса, траулер, строительство

Г.А. Зомба, Я.И. Фивейский. «Пелла» осваивает серийное строительство морских промысловых судов // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 33

Информация о закладке и строительстве на судостроительном заводе «Пелла» судов для промыслового флота России: краболова для ООО «Антей» и траулеров для группы компаний из Мурманска. Приведены их технические характеристики. Обозначены дальнейшие планы предприятия. Т. 1. Ил. 3.

УДК 629.124 **Ключевые слова:** судно ледового плавания, геометрия корпуса судна, ледовый режим водного пути, продолжительность ледовых явлений, толщина сплошного льда, матрица ледовых условий, ледопродоходимость судна, сплоченности битого льда, разрушенность ледяного покрова

Б.П. Ионов, Н.А. Кузьмин, М.Ю. Сандаков, Н.Е. Тихонова. Оценка ледовых условий при создании геометрии корпуса судна ледового плавания // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 36

Представлены математическая модель проектирования судна ледового плавания и обобщенные критерии оптимизации, учитывающие разнообразие ледовых условий в районе эксплуатации. Показано распределение продолжительности ледовых явлений на внутренних водных путях РФ. Применительно к сплошному ледяному покрову представлены зависимости ожидаемой толщины льда. Показана классификация битого льда в районах плавания судов. Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.551.001.18 **Ключевые слова:** судостроение, отрасль, отраслевое управление, стратегическое управление, потенциал, производительность

А.В. Иванкович. Новые вызовы – новые подходы // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 39

Показано, что в перспективе рассчитывать на приоритетное положение сможет только отрасль, которая играет значимую роль в решении жизненно важных задач существования страны. Применительно к судостроению речь реально может идти о двух национальных мегапроектах – оборонном и арктическом. В обоих остро необходим мобилизационный рывок, который реализуем лишь в режиме государственного управления экономикой. Т. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 658.5:629.5 **Ключевые слова:** немецкая машиностроительная компания «Norbert Kempf CNC-Technik», автоматизация, система Fastems, загрузка, хранение инструмента, роботизация

Умная автоматизация снижает временные затраты на переналадку // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 47

Глава компании «Norbert Kempf CNC-Technik» Штефан Кемпф знакомит с системой Fastems MLS, которая позволила автоматизировать процесс хранения, доставки и замены инструмента в цехе и повысить производительность станков обрабатывающих центров. Ил. 7.

УДК 629.123 **Ключевые слова:** холодильная установка, импортозамещение, компрессорно-конденсаторные агрегаты, Монреальский протокол, отечественное производство

П.А. Копрв. Разработка судовой холодильной уста-

новки в условиях импортозамещения // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 49

Рассмотрена проблематика эксплуатации холодильных установок провизионных камер надводных кораблей и судов ВМФ АО «51 ЦКТИС» разработана холодильная установка, состоящая из серийных компонентов иностранного производства. ОКР проведена по заказу судоремонтного предприятия. Спроектирована холодильная установка для надводного корабля, обеспечивающая в заданных условиях бесперебойную работу в случае выхода из строя части компонентов. Т. 1. Ил. 2. Библиогр. 3 назв.

УДК 62–799 **Ключевые слова:** автоматическая система технического учета электроэнергии

А.А. Неёлов, А.С. Качев. Особенности автоматической системы технического учета электроэнергии морского объекта // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 53

Рассмотрена автоматическая система технического учета электроэнергии. Изложены особенности ее проектирования и внедрения на морских объектах. Указаны объекты применения. Раскрыт состав системы, обозначены функции составных частей и их взаимодействие. Уделено внимание применению системы на кораблях ВМФ. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.355:658.2 **Ключевые слова:** конструкция, корпус, крышка, кулисный механизм, момент инерции, привод, угол поворота, усилие

С.М. Дудин, А.Ю. Мазуренко. Исследование конструкции привода с кулисным механизмом // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 56

Описана конструкция привода с кулисным механизмом. Приведены расчетные формулы для определения характеристик привода. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК [629.5.012+629.05.016.7/8]:629.561.5 **Ключевые слова:** ледоколы, мощностные показатели, статистический анализ, судовые энергетические установки

А.А. Темникова, А.Р. Рубан. Статистический анализ мощностных показателей ледоколов // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 63

Проведен статистический анализ мощностных показателей ледоколов: удельной мощности ЭУ и удельной ледопродоходимости. Определены характеристики совокупностей значений показателей в зависимости от категорий (Ice, Arc и Icebreaker). Полученные результаты можно использовать на начальных этапах проектирования. Т. 3. Ил. 12. Библиогр. 17 назв.

УДК 517.9:629.5 **Ключевые слова:** самоорганизация, активная динамическая система, многорежимное управление, синергетическая парадигма, теория катастроф

Ю.И. Нечаев. Самоорганизация активных динамических систем поддержки управленческих решений при контроле морских катастроф // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 67

Обозначена проблема самоорганизации активных динамических систем. Анализ выполнен применительно к системам многорежимного управления морскими судами в сложных условиях взаимодействия с внешней средой. Модели взаимодействия и концептуальные решения основаны на теоретических принципах синергетической парадигмы и динамической теории катастроф. Ил. 4. Библиогр. 8 назв.

УДК 623.618 **Ключевые слова:** тренажер, стрельбовый комплекс, математическая модель, полет тела

Е.Е. Версоцкий. Перспективный тренажер для тренировок стрельбовых расчетов надводных кораблей Военно-Морского Флота России // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 75

Обозначена перспектива создания «универсального тренажера» подготовки стрельбовых расчетов для любых комплексов ракетного и артиллерийского вооружения надводных кораблей ВМФ России. Ил. 2.

УДК 629.564.5:629.5.05 **Ключевые слова:** интегрированная научно-исследовательская система (ИНИС), интегрированная система ходового мостика (ИСМ), интегрированная промышленная система (ИПС), автоматизированное рабочее место (АРМ), операционный центр, интегрированная система управления и контроля техническими средствами (ИСУ ТС), интегрированная система управления научно-исследовательским судном Росрыболовства (ИСУ НИС-РР)

В.В. Ефимов, В.М. Кондратенко. Интегрированная система управления научно-исследовательским судном Росрыболовства – шаг к цифровизации рыбопромыслового флота // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 77

Представлены инженерно-технические решения, направленные на создание интегрированной системы управления научно-исследовательским судном Росрыболовства для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований Мирового океана на уровне последних достижений в данной области. Для устоявшихся подходов к проектированию отечественных судов этого назначения характерны ограниченность масштабов комплексирования, а также недостаточная глубина автоматизации и обмена данными. Предложены способы их преодоления путем применения новых моделей управления и инновационных конструктивно-технологических решений, основанных на цифровизации судна. Такой подход позволит не только достичь поставленных целей и осуществить импортозамещение оборудования на современном уровне, но и превзойти наиболее известные зарубежные аналоги ИИС («G.O. Sars», Норвегия; «Arni Fridriksson», Исландия; «Aranda», Финляндия; «Franklin», Австралия; и др.) по соотношению эффективность/стоимость. Ил. 11. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.7.025 **Ключевые слова:** архитектура, мониторинг, диагностика, техническое состояние, сложный динамический объект, интеллект, знания, реальное время

А.А. Кобяков, К.В. Лапшин, Ю.А. Ямчиков. Концепция разработки интеллектуальных систем мониторинга и диагностики сложных динамических объектов // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 85

Рассмотрены подход к построению архитектуры интеллектуальных систем мониторинга и диагностики сложных динамических объектов, а также базовые принципы решения задачи синтеза архитектуры интеллектуальных систем мониторинга и диагностики. Предложено решение задачи выбора оптимального подмножества избыточных безусловных динамических тестов путем использования генетического алгоритма. Разработан полимодальный методологический аппарат и интеллектуальная технология избыточного тестирования, которые позволяют создать методологию и алгоритмическую основу архитектуры системы мониторинга и диагностики сложных динамических объектов, учитывающую жесткие ограничения на время обработки информации. Библиогр. 4 назв.

УДК 004.51 **Ключевые слова:** интеллект, модель, эксперт, лингвистические переменные, нечёткая логика, функция принадлежности, терм, параметр, процесс, решение, алгоритм, система

В.В. Кобзев. Моделирование процесса принятия решений на основе нечеткой логики // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 87

Решается задача моделирования процесса принятия решений на основе нечеткой логики. Процесс приня-

тия решения заключается в выборе одного варианта из трех возможных по максимальному значению функций принадлежности. Дается перечень переменных модели и описывается ситуация, связанная с выбором. Приводится система нечетких логических уравнений, которые связывают функции принадлежности решения и входные переменные. Описан алгоритм выбора решения, состоящий из четырех этапов. Т. 5. Ил. 1. Библиогр. 11 назв.

УДК 551.48:621.865:004.622 **Ключевые слова:** океанографические данные, автономный необитаемый подводный аппарат, информационное обеспечение, база данных, цифровая модель, магнитное поле Земли, гидрофизика

А.Ф. Зеньков, С.И. Матрюков, П.Г. Бродский, В.Ю. Бахмутов. Технологии информационного обеспечения океанографическими данными автономных необитаемых подводных аппаратов // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 93

Рассмотрены способы и технологии создания массивов океанографической информации для автоматизированных систем управления и навигации автономных необитаемых подводных аппаратов. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.1.039 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, видео, разведывательные данные

Г.П. Дремлюга. Использование БПЛА «Глобал Хок» в интересах ВМС США и вооруженных сил стран НАТО // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 98

Кратко изложены оперативно-технические характеристики БПЛА «Глобал Хок» и некоторые области их применения ВМС США и ВС НАТО. Ил. 5. Библиогр. 5 назв.

УДК 53.082.78:53.088 **Ключевые слова:** трехкомпонентный магнитометр, магнитный момент корабля, погрешности измерения

Р.В. Гетьман, А.А. Затеев, Ю.М. Иванов, В.Я. Матисов, В.Г. Семенов. Анализ погрешностей измерений магнитного момента кораблей в дальнем поле // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 102

Проанализированы погрешности измерения магнитных моментов кораблей в дальнем поле с помощью трехкомпонентного дифференциального магнитометра с измерительным и компенсационным каналами. Выведены аналитические оценки составляющих результирующих погрешностей измерения. Осуществлено компьютерное моделирование процесса измерения для проверки выведенных оценок и вычисления результирующих погрешностей. Предложен ряд мероприятий для значительного и малозатратного повышения точности измерения магнитного момента кораблей. Т. 2. Ил. 2. Библиогр. 6 назв.

УДК 519.6 **Ключевые слова:** система управления безопасностью (СУБ), анкета, безопасность, качество, компания, методика, значенное лицо, оборудование, политика, регистр, судно

Д.А. Скороходов, В.Ю. Каминский, А.Л. Стариченков. Принципы оценки эффективности системы управления безопасностью судоходной компании // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 105

Исследованы политика компании в области безопасности и защиты окружающей среды, ответственность и полномочия компании, капитана и назначенного лица, ресурсы и персонал компании, принципы технического обслуживания и ремонта судна и его оборудования. Предложена структура целей, подцелей, задач и процедур, характеризующих цели и подцели, обеспечивающие повышение эффективности СУБ судоходной компании. Разработана анкета опроса персонала судоходных компаний для определения степени значимости и достаточности сформулированных целей, подцелей и задач для оценки эффективности СУБ.

Новизна работы состоит в том, что предложенная методика позволяет сравнивать СУБ различных судо-

ходных компаний с учетом фактической аварийности принадлежащих им судов, а также не только качественно, но и количественно оценивать мероприятия, направленные на улучшение отдельных требований Международного кодекса по управлению безопасностью. Кроме того, эта методика позволит представителям судоходных компаний самостоятельно оценивать их качество и уровень безопасности, не дожидаясь ежегодного освидетельствования СУБ представителями Российского морского регистра судоходства. В перспективе данная методика может быть применена не только для судоходной, но и для любой другой транспортной компании. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.12:532.0419075.8 **Ключевые слова:** аварийное судно, опрокидывание, крен, динамическая оценка

П.А. Шауб, С.В. Москвитина. Динамическая оценка опрокидывания аварийного судна в штормовых условиях при наличии крена // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 110

Дан расчет амплитуды качки аварийного судна при наличии начального угла крена в штормовых условиях. Показана существенная разница решения данной задачи в линейной и нелинейной постановке при определении амплитуды и частоты вынужденных колебаний от величины смещения центра колебаний. Данная статья – это определенное уточнение предыдущей статьи «Динамический крен поврежденного корабля на волнении при действии шквального ветра» при наличии только начального угла крена аварийного судна с учетом нелинейности и асимметричности колебаний. (см. «Морской вестник», 2016, № 1 (57). Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.551.001.18 **Ключевые слова:** инновации, судостроение, развитие, федеральная целевая программа, перспектива, математическое моделирование

В.С. Никитин. Инновационные направления развития судостроения в России // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 113

Подведены результаты реализации за последние 10 лет федеральных целевых программ. Рассмотрены прорывные технологии, применяемые в судостроении, в том числе в судовой электродинамике, судовой акустике, в области судостроения и судоремонта и др. Обозначены возможности применения инновационных методов математического моделирования, постройки безэкипажных судов. Т. 3. Ил. 9.

УДК 621.396.966 **Ключевые слова:** радиолокационная техника, корабельный и береговой комплекс, перспективы развития, унификация аппаратуры, корабельные РЛС, ФАР, обработка радиолокационных сигналов

Г.А. Коржавин. Создание перспективной радиолокационной техники для корабельных и береговых комплексов // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 117

Рассмотрены основные направления инновационного развития корабельных комплексов РЛС, прежде всего уменьшения количества антенн, веса башенно-мачтовой конструкции; внедрение унифицированных многодиапазонных и многоканальных антенн; необслуживаемых РЛС и создание антенн непроницающего типа для подводных лодок; унификация аппаратуры, выполняющей обработку информации и др. Ил. 7. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.081.4 **Ключевые слова:** НТО, судостроение, инновационное предложение, Фонд развития промышленности

П.И. Малеев. Состояние и основные направления работы Инновационного комитета Научно-технического общества судостроителей им. акад. А.Н. Крылова // Морской вестник. 2018. № 1 (65). С. 120

Информация о возможностях финансирования инновационных предложений судостроителей в Санкт-Петербурге с участием городского Фонда развития промышленности. Охарактеризованы объем возможных займов финансовых средств и порядок подачи заявок в инновационный комитет НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова.

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 621.039.533.6 + 621.431 **Keywords:** Malachite SPMDB, submarine, inhabited deep-sea apparatus, design, history

R.A. Shmakov. 70th anniversary of the Malachite Saint-Petersburg Marine Design Bureau // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 1

In detail, the creation of the Malachite Saint-Petersburg Marine Design Bureau, its development, the projects of submarines, including nuclear ones, developed by the Bureau, as well as the creation of inhabited deep-sea vehicles. Fig. 19

UDC 621.039.533.6 + 621.165 **Keywords:** CMDB Almaz, minesweeper, ice-class patrol ship, small rocket ship, experimental vessel

D.E. Tsygankov. JSC CMDB Almaz: brief results of 2017 // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 11

The ships that were built and surrendered to the Russian Navy and the Vietnamese Navy in 2017 are listed, as well as the bookmarking of projects 12700 minesweepers for the Russian Navy and the transfer of the project 10750E minesweeper for the Navy of Kazakhstan. Fig. 8

UDC 621.039: 533 **Keywords:** DB Vympel, diesel-electric icebreaker «Ilya Muromets», design, construction

M.V. Bakhrov. Experience in the design and construction of the «Ilya Muromets» project 21180 diesel-electric icebreaker for the Russian Navy // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 15

He acquainted himself with the stages of designing the «Ilya Muromets» icebreaker in JSC Vympel DB. Its main characteristics are given, the equipment is characterized. Fig. 5

UDC 629.5: 621.039 **Keywords:** foreign naval forces, aircraft carrier landing ship, application, characteristics

D.V. Kurochkin. Modern amphibious aircraft carrier ships of foreign naval forces // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 19

An overview of foreign landing aircraft carriers is given. Their characteristics are given. The possibilities of using these ships are indicated. T. 1. Fig. 1

UDC 621.039.533.6 + 621.431 **Keywords:** raid transshipment complex, safety, freeboard, open cargo, rolling calculation, floodability

G.V. Egorov, M.A. Kuteinikov, I.F. Davydov, V.I. Tonyuk, M.E. Zakharov. Substantiation of the freeboard side of a crane non-self-propelled vessel of the «open» type by calculating the modeling of rolling and pouring // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 27

The possibility of operation of a crane non-self-propelled vessel with an open hold as a raid transshipment complex based on the computational modeling of rolling parameters and fillability at the freeboard, based on the assumption of the conditional availability of hatch covers, is substantiated. T. 3. Fig. 11. Bibliography 3 titles.

UDC 621.039.5 **Keywords:** Pella, ice fishing vessel, trawler, construction

G.A. Zomba, Ya. I. Fivaysky. Pella is mastering the serial construction of sea fishing vessels // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 33

Information on the laying and construction of vessels for the Russian fishing fleet at the Pella shipyard: a crab for the Antey JSC and trawlers for a group of companies from Murmansk. Their technical characteristics are given. Further plans of the enterprise are indicated. T. 1. Fig. 3

UDC 629.124 **Keywords:** ship of ice navigation, ship hull geometry, ice regime of the waterway, duration of ice phenomena, thickness of solid ice, ice conditions matrix, ship icebreakability, ice breakdown, ice cover destruction

B.P. Ionov, N.A. Kuz'min, M.Yu. Sandakov, N.E. Tikhonova. Evaluation of ice conditions in the creation of the geometry of the hull of an ice navigation vessel // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 36

A mathematical model for the design of an ice navigation vessel and generalized optimization criteria that take into account the diversity of ice conditions in the area of operation are presented. The distribution of the duration of ice phenomena on inland waterways of the Russian Federation is shown. For the continuous ice cover, the dependencies of the expected ice thickness are presented. The classification of broken ice in the navigation areas of ships is shown. T. 2. Fig. 3. Bibliography 6 titles.

UDC 629.551.001.18 **Keywords:** shipbuilding, industry, branch management, strategic management, capacity, productivity

A.V. Ivankovich. New challenges – new approaches // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 39

It is shown that in the future, only the branch that will play an important role in solving the vital tasks of the country's existence will be able to count on the priority position. With reference to shipbuilding, speech can really go about two national megaprojects – defense and Arctic. In both of them, a mobilization leap is urgently needed, which is realized only in the mode of state management of the economy. T. 1. Bibliography 3 titles.

UDC 658.5: 629.5 **Keywords:** German engineering company Norbert Kempf CNC-Technik, automation, Fastems system, tool loading, storage, robotization

Intelligent automation reduces the time spent on reconfiguration // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 47

The head of Norbert Kempf CNC-Technik, Stefan Kempf introduces the Fastems MLS system, which has made it possible to automate the process of storing, delivering and replacing the tool in the shop and improving the productivity of the machining centers. Fig. 7.

UDC 629.123 **Keywords:** refrigeration unit, import substitution, compressor-condenser units, Montreal Protocol, domestic production

P.A. Koprov. Development of a ship refrigerating plant under conditions of import substitution // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 49

The problems of operation of refrigeration units of the surplus navigational and naval vessels' chambers are considered. JSC 51 CDTISR developed a refrigeration system consisting of serial components of foreign-made systems. OCD was commissioned by a shipyard. A refrigeration system for a surface ship was designed to ensure uninterrupted operation under specified conditions in the event of failure of a part of the components. T. 1. Fig. 2. Bibliography 3 titles.

UDC 62–799 **Keywords:** automatic system of the technical account of the electric power

A.A. Neyolov, A.S. Tkachev. Features of the automatic system of technical accounting of electric power of a marine object // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 53

The automatic system of technical metering of electric power is considered. The features of its design and implementation at offshore facilities are outlined. The objects of application are indicated. The composition of the system is disclosed, the functions of the component parts and their interaction are indicated. Attention is paid to the use of the system on ships of the Navy. Bibliography 4 titles.

UDC 621.355: 658.2 **Keywords:** structure, body, cover, rocker mechanism, moment of inertia, drive, angle of rotation, force

C.M. Dudin, A.Yu. Mazurenko. Investigation of the design of the drive with a link mechanism // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 56

The design of the drive with the link mechanism is described. The calculation formulas for determining the drive characteristics are presented. Fig. 4. Bibliography 4 titles.

UDC [629.5.012 + 629.05.016.7/8]: 629.561.5 **Keywords:** icebreakers, power indicators, statistical analysis, marine power plants

A.A. Temnikova, A.R. Ruban. Statistical analysis of power indicators of icebreakers // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 63

A statistical analysis of icebreaker performance is carried out: the specific power of the power plant and the specific icebreakability. The characteristics of sets of values of indicators are determined depending on the categories (Ice, Arc and Icebreaker). The results obtained can be used at the initial stages of design. T. 3. Fig. 12. Bibliography 17 titles.

UDC 517.9: 629.5 **Keywords:** self-organization, active dynamic system, multi-mode control, synergetic paradigm, catastrophe theory

Yu.I. Nechaev. Self-organization of active dynamic systems for support of management decisions in the control of marine catastrophes // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 67

The problem of self-organization of active dynamic systems is indicated. The analysis is carried out with reference to systems of multimode control of sea vessels under difficult conditions of interaction with the external environment. Models of interaction and conceptual solutions are based on the theoretical prin-

ciples of the synergetic paradigm and the dynamic theory of catastrophes. Fig. 4. Bibliography 8 titles.

UDC 623.618 **Keywords:** simulator, shooting complex, mathematical model, body flight

E.E. Versotsky. A perspective simulator for the training of shooting calculations of surface ships of the Russian Navy // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 75

The prospect of creating a «universal simulator» for the preparation of shooting calculations for any missile and artillery armament complexes of surface ships of the Russian Navy is outlined. Fig. 2.

UDC 629.564.5: 629.5.05 **Keywords:** integrated scientific research system (INIS), integrated bridge system (ISM), integrated fishing system (IPS), automated workstation (ARM), operation center, integrated control and monitoring system technical means (MIS TS), integrated control system for the scientific research vessel for Rosrybolovstvo (ISU NIS-RR)

V.V. Efimov, V.M. Kondratenko. Integrated control system for research vessel for Rosrybolovstvo – a step towards the digitization of the fishing fleet // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 77

Engineering and technical solutions aimed at creating an integrated control system for the scientific research vessel for the Rosrybolovstvo Federal Agency for integrated fisheries and oceanographic studies of the World Ocean at the level of the latest achievements in this field are presented. For the established approaches to the design of domestic ships of this design, the scale of the integration is limited, as well as the insufficient depth of automation and data exchange. The ways of their overcoming are proposed by applying new management models and innovative design and technological solutions based on the ship's digitalization. Such an approach will allow not only to achieve the set goals and implement import substitution of equipment at the modern level, but also to surpass the best known foreign counterparts of NIS (GOS-ars, Norway; Arni Fridriksson, Iceland; Aranda, Finland; Franklin, Australia; and others) by the efficiency/cost ratio. Fig. 11. Bibliography 8 titles.

UDC 629.7.025 **Keywords:** architecture, monitoring, diagnostics, technical condition, complex dynamic object, intelligence, knowledge, real-time

A.A. Kobaykov, K.V. Lapshin, Yu.A. Yamshchikov. The concept of developing intelligent systems for monitoring and diagnosing complex dynamic objects // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 85

The approach to constructing the architecture of intelligent systems, as well as the basic principles of solving problems of synthesis of the architecture of intelligent monitoring and diagnostic systems, are considered. A solution of the problem of choosing the optimal subset of unconditional unconditional dynamic tests by using a genetic algorithm is proposed. Developed a multimodal methodological apparatus and an intelligent technology of test-free testing, which allows to create a methodology and algorithmic basis for a system for managing and diagnosing complex dynamic objects, which takes into account stringent restrictions on the processing time of information. Bibliography 4 titles.

UDC 004.51 **Keywords:** intellect, model, expert, linguistic variables, fuzzy logic, membership function, term, parameter, process, solution, algorithm, system

V.V. Kobzev. Modeling the decision-making process based on fuzzy logic // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 87

The task of modeling the decision-making process based on fuzzy logic is being solved. The decision-making process consists in choosing one of the three possible membership functions. A list of model variables is given and a situation related to the choice is described.

A system of fuzzy logical equations is presented that relates the solution's membership functions and input variables. An algorithm for choosing a solution consisting of four stages is described. T. 5. Fig. 1. Bibliography 11 titles.

UDC 551.48: 621.865: 004.622 **Keywords:** oceanographic data, autonomous uninhabited underwater vehicle, information support, database, digital model, Earth's magnetic field, hydrophysics

A.F. Zen'kov, S.I. Mastryukov, P.G. Brodsky, V.Yu. Bakhmutov. Technology of information support by oceanographic data of autonomous uninhabited underwater vehicles // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 93

The methods and technologies of creating oceanographic information files for automated control systems and navigation of autonomous uninhabited underwater vehicles are considered. T. 2. Fig. 4. Bibliography 10 titles.

UDC 629.1.039 **Keywords:** unmanned aerial vehicle, video, reconnaissance data

G.P. Dremlyuga. The use of the Global Hawk UAV in the interests of the US Navy and the armed forces of the NATO countries // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 98

The operational characteristics of the Global Hawk UAV and some areas of their use by the US Navy and the NATO Armed Forces are briefly described. Fig. 5. Bibliography 5 titles.

UDC 53.082.78: 53.088 **Keywords:** three-component magnetometer, ship's magnetic moment, measurement errors

R.W. Get'man, A.A. Zateev, Yu.M. Ivanov, V.Ya. Matisov, V.G. Semenov. Analysis of the errors in the measurement of the magnetic moment of ships in the far field // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 102

The errors in measuring the magnetic moments of ships in the far field are analyzed using a three-component differential magnetometer with a measuring and compensation channel. Analytical estimates of the components of the resulting measurement errors are derived. Computer simulation of the measurement process has been carried out to check the derived estimates and to calculate the resulting errors. A number of measures have been proposed for a significant and low-cost increase in the accuracy of measuring the magnetic moment of ships. T. 2. Fig. 2. Bibliography 6 titles.

UDC 519.6 **Keywords:** safety management system (SMS), questionnaire, safety, quality, company, methodology, nominated person, equipment, policy, register, vessel

D.A. Skorokhodov, V.Yu. Kaminsky, A.L. Starichenkov. Principles of assessing the effectiveness of the security management system of the shipping company // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 105

The company's policy in the field of safety and environmental protection, the responsibility and authority of the company, the captain and the appointed person, the company's resources and personnel, the principles of maintenance and repair of the vessel and its equipment are explored. The structure of goals, subgoals, tasks and procedures, characterizing the goals and sub-goals, providing increasing the efficiency of the SMS of the shipping company, is proposed. Questionnaire survey of the personnel of shipping companies was developed to determine the degree of significance and sufficiency of formulated goals, sub-goals and tasks for assessing the effectiveness of SMS.

The novelty of the work is that the proposed methodology makes it possible to compare the SMS of various shipping companies taking into account the actual accident rate of their vessels, and not only qualitatively but also quantitatively evaluate activities aimed at im-

proving individual requirements of the International Safety Management Code. In addition, this methodology will allow representatives of shipping companies to independently assess their quality and safety level without waiting for an annual survey of the SMS by representatives of the Russian Maritime Register of Shipping. In the long term, this technique can be applied not only to the shipping company, but also to any other transport company. Bibliography 9 titles.

UDC 629.12: 532.0419075.8 **Keywords:** emergency vessel, overturning, roll, dynamic estimation

P.A. Shaub, S.V. Moskovkina. Dynamic assessment of the overturning of an emergency vessel in storm conditions in the presence of a roll // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 110

Calculation of the pitching amplitude of an emergency vessel is given in the presence of an initial angle of roll in storm conditions. An essential difference in the solution of this problem in linear and nonlinear formulation is shown when determining the amplitude and frequency of forced oscillations from the displacement of the vibration center. This article is a definite refinement of the previous article «Dynamic Roll of a Damaged Ship on Excitement under the Action of the Squal Wind» in the presence of only the initial angle of the bank of the emergency ship, taking into account the nonlinearity and asymmetry of the oscillations (see Morskoy Vestnik. 2016. № 1 (57)). Fig. 1. Bibliography 4 titles.

UDC 629.551.001.18 **Keywords:** innovations, shipbuilding, development, federal target program, perspective, mathematical modeling

V.S. Nikitin. Innovative directions of development of shipbuilding in Russia // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 113

The results of the implementation of federal targeted programs over the past 10 years have been summed up. Breakthrough technologies used in shipbuilding, including ship electrodynamics, ship acoustics, shipbuilding and ship repair, etc. are considered. The possibilities of using innovative methods of mathematical modeling, the construction of unmanned vessels are indicated. T. 3. Fig. 9.

UDC 621.396.966 **Keywords:** radar technology, ship and coastal complex, development prospects, equipment unification, shipborne radar, phased array, radar signal processing

G.A. Korzhavin. Creation of advanced radar technology for ship and coastal complexes // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 117

The main directions of innovative development of ship radar complexes are considered, primarily reduction of the number of antennas, weight of the tower-mast structure; the introduction of unified multi-band and multi-channel antennas; unattended radar and the creation of non-penetrating antennas for submarines; unification of equipment that performs information processing, etc. Fig. 7. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5.081.4 **Keywords:** NTO, shipbuilding, innovation proposal, Industrial Development Fund

P.I. Maleev. State and main directions of work of the Innovation Committee of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov // Morskoy Vestnik. 2018. № 1 (65). P. 120

Information on the possibilities of financing innovative proposals of shipbuilders in St. Petersburg with the participation of the City Industrial Development Fund. The volume of possible loans for financial resources and the procedure for submitting applications to the Innovative Committee of the Shipbuilding Corporation of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov.