

Морской



Вестник

№1(77)

М а р т

2 0 2 1

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



СЕВЕРНОЕ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО

МЫ ПРОЕКТИРУЕМ БОЕВЫЕ КОРАБЛИ!



www.severnoepkb.ru



ВОЗРОЖДЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА НА ВЕРФЯХ ОБЪЕДИНЕННОЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОРПОРАЦИИ

*А. Л. Рахманов, генеральный директор
АО «Объединенная судостроительная корпорация»*

Современное рыбопромысловое судно – это наиболее высокотехнологичный морской технический комплекс. А высокотехнологичные суда – это тот сегмент, который мы стремимся развивать в первую очередь, поскольку традиционно сильны в нем и поскольку он оказывает большой синергетический эффект, давая толчок развитию смежных областей. Именно поэтому строительству рыбопромыслового флота ОСК уделяет особое внимание.

Российский рыбопромысловый флот фатально устарел – и морально, и физически. При этом вылов рыбы и производство рыбной продукции – важнейшая отрасль экономики для многих регионов, в целом заметный источник поступления средств в бюджет.

С 2000 по 2018 г. вылов рыбы Россией увеличился с 3,9 млн. т до 5,1 млн. т, а производство рыбы – с 74 тыс. т до 199 тыс. т. Но страна пока еще не достигла показателей по вылову рыбы даже 80-х гг. прошлого века (около 8 млн. т – третий показатель в мире).

СССР обладал одним из крупнейших рыболовецких флотов мира, однако 90-е гг. нанесли значительный урон и рыбохозяйственной отрасли. Часть флота была утрачена: вышла из строя или была продана за рубеж. В результате в начале нынешнего века рыболовецкие хозяйства страны использовали либо стремительно устаревающие суда, либо покупали их за границей, собственное производство современной рыболовецкой техники отсутствовало. Ко всему прочему распались и многие рыболовецкие хозяйства, так что к 2010 г. около половины рыболовецких хозяйств имели всего по одному судну. По оценке Росрыболовства, к 2015 г. до 70% рыбопромыслового флота выработало свой ресурс.

В этот момент и было принято решение стимулировать развитие отрасли, руководствуясь принципом «квоты под киль». Было принято со-

ответствующее постановление правительства, которое установило, что часть (20%) квот на вылов рыбных ресурсов будут получать те хозяйства, которые инвестируют в строительство новых судов на отечественных предприятиях (а также в строительство рыбоперерабатывающих заводов на берегу). Эта мера дала мощный эффект.

Начиная с 2016 г., рыболовецкие хозяйства начали заказывать на судостроительных предприятиях России новые специализированные рыбопромысловые суда. Сейчас на верфях страны размещены порядка 90 заказов (из них более 40 – на предприятиях ОСК). В работу включились семь наших верфей: в Калининграде, Выборге, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и Хабаровске, в том числе и верфи, выполнявшие ранее сугубо военные заказы.

В зависимости от назначения и районов лова мы строим суда различных ледовых классов и типов тралов, а также мощностей для переработки сырья. Это современные высокотехнологичные морские технические средства, стоимость которых (например, крупного траулера с автоматизированной фабрикой на борту) мо-

жет достигать нескольких миллиардов рублей.

При строительстве первых рыболовецких судов мы столкнулись с определенными проблемами. Заказчики большей частью отдают предпочтение иностранным проектам, которые приходится дорабатывать, чтобы они соответствовали требованиям Российского морского регистра судостроения. Суда вынужденно перепроектируют с учетом отечественных норм и отечественной панели поставщиков. А это ведет к неминуемым сдвигам сроков сдачи по договорам.

Кроме этого, негативное воздействие на сроки реализации заказов оказывает необходимость поставок иностранного оборудования (когда заказчик на этом настаивает), в том числе из-за санкций.

Реализации же проектов по локализации препятствуют высокие ввозные таможенные пошлины на комплектующие изделия для судового оборудования (от 5 до 10%) и низкие ввозные таможенные пошлины на готовое оборудование (от 0 до 5%).

Решением этой проблемы может быть повышение ввозных пошлин

Продолжение см. на с. 6



Рис. 1. Крупнотоннажный траулер-процессор «Баренцево море» пр. КМТ01, построенный на Выборгском судостроительном заводе

Морской Вестник



№ 1 (77)

м а р т

2 0 2 1

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

А.Л. Рахманов, генеральный директор

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

М.В. Александров, генеральный директор АО «ЦТСС»,

президент Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

В.С. Никитин, президент Международного

и Российского НТО судостроителей

им. акад. А.Н. Крылова

Г.А. Туричин, ректор 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»

Е.Т. Гамбашидзе, генеральный директор

АО «Системы управления и приборы»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор

АО «СПМБМ «Малахит»

А.А. Дьячков, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

М.В. Захаров, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ «Меридиан»

Г.А. Коржавин, научный руководитель

АО «Концерн «Гранит-Электрон»

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

Л.Г. Кузнецов, генеральный конструктор

АО «Компрессор»

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

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

А.Г. Родионов, генеральный директор

АО «Кронштадт Технологии»

С.В. Савков, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

В.А. Середохо, генеральный директор

АО «СНСЗ»

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

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Л. Ульянов, генеральный директор

ООО «Нева-Интернэшнл»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

АО «Концерн Морфлот»

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

- А. Л. Рахманов.** Возрождение отечественного рыболовецкого флота на верфях Объединенной судостроительной корпорации 1
- А. А. Дьячков.** Северному ПКБ – 75 лет 8
- А. В. Шляхтенко, И. Г. Захаров.** Новые тенденции в развитии боевых надводных кораблей 13
- Р. А. Шмакову – 90 лет** 19
- И. В. Щербаков, А. В. Сердечный, А. Б. Крестьянцев, О. В. Таровик.** Перспективы обеспечения комплексных инфраструктурных проектов в арктической зоне России и способы их расчета 21
- А. Г. Егоров.** Речные круизные суда КНР: исследование применяемых технических решений и особенностей круизов 25
- Р. Н. Кареев.** Плавающие трубоукладочные сооружения. Часть 1 31
- А. Ю. Баранов, Л. В. Иванов, Е. В. Соколова.** Методика оценочного проектирования систем хранения груза малотоннажных судов-газовозов 38
- М. Н. Покусаев, К. Е. Хмельницкий, А. А. Хмельницкая, Д. А. Климов.** Зависимость уровня шума маломерного судна от его скорости 41
- Ш. Г. Алиев, В. А. Павловский.** Тензорный взгляд на задачи гидродинамики. Часть 2 44
- Е. М. Грамузов, Б. П. Ионов, М. Ю. Сандаков, Н. Е. Тихонова.** Оценка влияния формы носовой оконечности судна ледового плавания на ходкость во льду 46

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- С. Г. Филимонов.** Современная система хранения и смешивания лакокрасочных материалов и легковоспламеняющихся жидкостей 2.0 51
- Е. В. Кипреев, К. В. Цветков, О. В. Сыркова.** Условия использования результатов лазерного сканирования для виртуальной контрольной сборки изделий 53

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- П. П. Селюта, К. С. Скулябин.** Опыт разработки бурового станка погружного бурового комплекса 61
- В. А. Зинков, В. М. Медунецкий.** Универсальный стенд для оценки качества зубчатых передач 65
- О. О. Лебедев.** Анализ теплового взаимодействия сред при проектировании винтового конденсатора паровой турбины 68



ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- Г. А. Коржавин, Ю. Ф. Подоплёкин, О. Г. Мальцев.** Организация поиска главной цели в порядке по данным от внешнего источника информации при групповом применении управляемых снарядов 71
- К. Ю. Шилов.** К вопросу о путях оптимизации структур систем управления корабельными техническими средствами. Взгляд разработчика 77
- В. В. Ефимов, Д. Ю. Сарычев.** Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути: принципы, стандарты и предложения 80
- И. О. Прутчиков, В. В. Камлюк, Д. В. Сизько.** Методика оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности автономных нестационарных объектов специальной и социальной инфраструктуры 88
- В. Г. Ерышов, Р. Д. Куликов.** Моделирование процесса защиты объектов критической информационной структуры промышленных предприятий от компьютерных атак 91
- Г. А. Еришов, А. Б. Серебряков, Д. В. Быков, А. В. Белов, А. А. Гориков.** О совершенствовании систем информационной поддержки тренажеров по подготовке операторов корабельных ЯЭУ на основе логико-вероятностных методов и ДРАКОН-схем 97
- В. В. Конохов, Ю. Л. Сиек.** Алгоритм размещения элементов системы подводного наблюдения 101

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- В. С. Кожевников, А. В. Лоскутов.** Вопросы пожарной безопасности – первостепенное внимание 107
- В. Н. Илюхин.** О развитии Аварийно-спасательной службы ВМФ. К 100-летию со дня создания 112

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- Б. А. Барбанель, В. Н. Половинкин, С. В. Федулов, М. А. Орлов.** Линкор «Новороссийск» («Джулио Чезаре») и его приемка 120
- А. В. Михайлов, И. А. Алексеев, И. А. Кошевой.** Организация реконструкции объекта культурного наследия, входящего в состав АО «Адмиралтейские верфи» 122
- Г. А. Гребенщикова.** Памяти погибших моряков: церковь Святого Георгия в турецкой Чесме. К 250-летию сражения. Часть 2 125

Главный редактор

Э. А. Конов, канд. техн. наук
Зам. главного редактора
Д. С. Глухов
 Тел./факс: (812) 6004586
 Факс: (812) 3124565
 E-mail: morvest@gmail.com
 www.morvest.ru

Редакционная коллегия

Г. Н. Антонов, д-р техн. наук
А. И. Гайкович, д-р техн. наук, проф.
Е. А. Горин, д-р эконом. наук
В. Н. Илюхин, д-р 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. А. Кротов, д-р истор. наук, проф.
П. И. Малеев, д-р техн. наук
Ю. И. Нецаев, д-р техн. наук, проф.
Ю. Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В. Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.
А. В. Пустошный, д-р техн. наук, проф., 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 ООО «Типография «Премиум-пресс»

Адрес типографии: 190020, Санкт-Петербург,
 Нарвский пр., д.18 лит. А

Тираж 500 экз. Заказ № 279

Дата выхода в свет – 15.03.2021

Каталожная цена – 650 руб.

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

Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№1 (77)
March
2021

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairman

A.L. Rakhmanov, General Director
of JSC United Shipbuilding Corporation

Co-chairman:

M.V. Alexandrov, General Director JSC SSTC,
President of the Association
of Shipbuilders of St. Petersburg and Leningrad Region

V.S. Nikitin,

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

G.A. Turichin, 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 SPMDB Malachite

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau Spb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Morflot

E.T. Gambashidze, General Director

JSC Control Systems and Instruments

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, Scientific Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit

L.G. Kuznetsov, General Designer

JSC Compressor

G.N. Muru, General Director JSC 51 CDTISR

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

A.G. Rodionov, General Director

JSC Kronstadt Technologies

S.V. Savkov, General Director

JSC NE

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.A. Seredokho, General Director JSC SNSZ

V.V. Shatalov, General Director

JSC DO Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director JSC Almaz CMDB

K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS

A.S. Solov'yev, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

G.R. Tsaturov, General Director

OJSC Pella

A.L. Utyanov, General Director

LLC Neva International

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

M.V. Zakharov, General Director

JSC Pumori-north-west

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

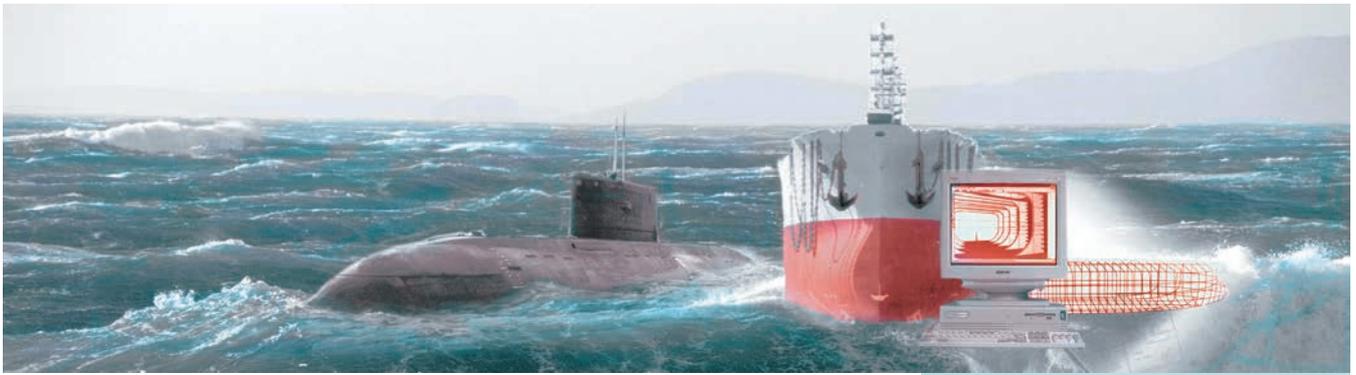
- A. L. Rakhmanov.** Revival of the domestic fishing fleet at the shipyards of the United Shipbuilding Corporation 1
- A. A. Diachkov.** Severnoe DB is 75 years old 8
- A. V. Shlyakhtenko, I. G. Zakharov.** New trends in the development of surface warships 13
- R. A. Shmakov** – 90 years 19
- I. V. Scherbakov, A. V. Serdechny, A. B. Krest'yantsev, O. V. Tarovik.** Prospects for providing complex infrastructure projects in the Arctic zone of Russia and methods of their calculation 21
- A. G. Egorov.** China river cruise ships: research of applied technical solutions and cruises' features 25
- R. N. Karaev.** Floating pipe-laying structures. Part 1 31
- A. Yu. Baranov, L. V. Ivanov, E. V. Sokolov.** Methodology for evaluative design of cargo storage systems for small-tonnage gas carriers 38
- M. N. Pokusaev, K. E. Khmel'nitsky, A. A. Khmel'nitskaya, D. A. Klimov.** Dependence of the noise level of a small vessel on its speed 41
- Sh. G. Aliev, V. A. Pavlovsky.** A tensor view of the problems of hydrodynamics. Part 2 44
- E. M. Gramuzov, B. P. Ionov, M. Yu. Sandakov, N. E. Tikhonova.** Assessment of the influence of the shape of the bow of an ice-going vessel on the ice performance 46

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- S. G. Filimonov.** Modern storage and mixing system for paints and varnishes and flammable liquids 2.0 51
- E. V. Kipreev, K. V. Tsvetkov, O. V. Syrkova.** Conditions for using the results of laser scanning for virtual control assembly of products 53

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- P. P. Seluta, K. S. Skulyabin.** Experience in the development of submersible drilling rig drilling 61
- V. A. Zinkov, V. M. Medunetsky.** Universal stand for assessing the quality of gears 65
- O. O. Lebedev.** Analysis of the thermal interaction of media in the design of a screw condenser of a steam turbine 68



INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- G. A. Korzhavin, Yu. F. Podoplyokin, O. G. Mal'tsev.** Search organizing of a main target in grouping according to data from an external information source on multiple application of a controllable projectiles 71
- K. Yu. Shilov.** On the issue of ways to optimize the structures of control systems for ship technical means. Developer's view 77
- V. V. Efimov, D. Yu. Sarychev.** A unified platform for digital services of the Northern Sea Route: principles, standards and proposals 80
- I. O. Prutchikov, V. V. Kamlyuk, D. V. Siz'ko.** Methodology for assessing the technical level and choosing the rational appearance of integrated protection systems against threats to the safety of autonomous non-stationary objects of special and social infrastructure 88
- V. G. Eryshov, R. D. Kulikov.** Modeling the process of protecting objects of the critical information structure of industrial enterprises from computer attacks 91
- G. A. Ershov, A. B. Serebryakov, D. V. Bykov, A. V. Belov, A. A. Gorshkov.** On the improvement of information support systems for training simulators for shipboard nuclear power plant operators based on logical-probabilistic methods and DRAGON-schemes 97
- V. V. Konyukhov, Yu. L. Siek.** Algorithm for placing elements of the underwater observation system 101

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- V. S. Kozhevnikov, A. V. Loskutov.** Fire safety issues are of paramount importance 107
- V. N. Ilyukhin.** On the development of the Emergency Rescue Service of the Navy. To the 100th anniversary of its creation 112

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- B. A. Barbanel, V. N. Polovinkin, S. V. Fedulov, M. A. Orlov.** Battleship «Novorossiysk» («Giulio Cesare») and its acceptance 120
- A. V. Mikhailov, I. A. Alekseev, I. A. Koshevoy.** Organization of reconstruction of a cultural heritage site, which is part of Admiralty shipyards JSC 122
- G. A. Grebenshchikova.** In memory of the lost sailors: the Church of St. George in Turkish Chesme. To the 250th anniversary of the battle. Part 2 125

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

D.S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 3124565

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Editorial Collegium

G.N. Antonov, D. Sc.

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

A.I. Gaikovich, D. Sc., Prof.

E.A. Gorin, D. Sc.

V.N. Ilyukhin, D. Sc., Prof.

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

D.V. Kazunin, D. Sc.

R.N. Karavev, Ph. D.

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

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

P.A. Krotov, D. Sc., Prof.

P.I. Maleev, D. Sc.

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

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

of Rocket and Artillery of Sciences of Russia

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

A.V. Pustoshny, D. Sc., Prof., corresponding member

of the Academy of Sciences of Russia

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

K.V. Rozhdestvensky, 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 by Premium Press Printing House LLC

Printing house address 190020 St. Petersburg

Narvsky prospect, 18, letter A

Circulation 500. Order № 279

Publication date – 15.03.2021

Catalog price – 650 rubles

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



Рис. 2. Спуск на воду ярусолова-процессора «Марлин» пр. МТ1112ХЛ на Северной верфи 12 ноября 2020 г.

производство. В конечном счете, это приведет и к удешевлению продукции.

Возрождение отечественного рыбопромыслового флота по программе «квоты под киль» сегодня происходит на крупнейших судостроительных предприятиях ОСК. Выборгский судостроительный завод в настоящее время строит семь рыболовных траулеров пр. КМТ01 и КМТ02, еще одно (головное судно пр. КМТ01 – «Баренцево море») уже передано заказчику (рис. 1). Это крупные суда длиной 80–86 м с производительностью более 100 т рыбы в сутки, оснащенные автоматизированными фабриками, производящими филе, рыбий жир, рыбную муку и консервы. Четыре судна из семи уже спущены на воду.

Северная верфь строит четыре ярусолова-процессора пр. МТ1112ХЛ (также заключен контракт на строительство еще четырех ярусоловов пр. 200101) (рис. 2). Кроме того, заключены контракты на строительство

на готовое оборудование и снижение – на компоненты.

И все же, несмотря на отдельные сложности, строительство рыболовных судов идет успешно. И нынешний год должен стать годом самой масштабной в новейшей истории их сдачи заказчикам. Предполагается, что верфи ОСК сдадут семь «рыболовов».

Увеличение доли выручки от гражданских заказов – это сегодня одна из главных задач корпорации. Президент РФ поставил цель к 2030 г. довести ее до 50%. К 2025 г. мы хотели бы выйти на показатели 36–37%. Как показали результаты 2020 г., ОСК уже удалось добиться доли выручки от гражданских заказов в 21%.

На протяжении многих десятилетий отечественные верфи не строили рыболовецких судов, и речь не только о постсоветском времени. Во времена СССР строительство траулеров и сейнеров было отдано на откуп верфям дружественных соцстран. Считалось, что это разумная «специализация». В результате в том числе и этой политики российские заводы остались без необходимых компетенций. Так что нет ничего удивительного в том, что отечественные верфи не могли «в один момент» научиться создавать необходимые заказчику суда и качественно, и быстро.

На нынешнем этапе было бы разумно ограничить количество базовых проектов рыболовецких судов. Мы считаем, что профильное министерство может на это пойти. Тогда для заказчиков снизятся риски по срокам сдачи, а верфи выйдут на серийное



Рис. 3. Морозильный траулер-процессор пр. 170701, строительство серии из десяти судов ведется на Северной верфи



Рис. 4. Головной траулер-сейнер «Ленинец» пр. SK-3101R, построенный на Прибалтийском судостроительном заводе «Янтарь»

десяти траулеров пр. 170701 (рис.3), шесть для работы в Северной Атлантике и четыре для Дальнего Востока. Закладка восьмого траулера состоялась 18 февраля 2021 г.

Длина ярусоловов – 60 м, производительность – до 30 т рыбопродукции в сутки. Длина траулеров – 80 м, производительность по замораживанию рыбы – до 100 т в сутки. Многие из применяемых на данных судах технологий ранее в России не использовались.

Завод «Янтарь» стал первым предприятием в новейшей истории России, начавшим строительство судов для отечественного рыболовецкого флота. В 2016 г. он приступил к выполнению заказа для рыболовецкого колхоза имени Ленина (Петропавловск-Камчатский). Контракт предусматривал создание трех траулеров-сейнеров по пр. SK-3101R, все они уже переданы заказчику (последнее судно – осенью 2020 г.) (рис. 4).

В августе 2019 г. для рыболовецкого колхоза заложен еще и большой морозильный рыболовецкий траулер пр. 5670WSD «Виктор Гаврилов». Это крупнейшее из строящихся в России рыболовных судов длиной более 120 м (рис. 5).

Наконец, Адмиралтейские верфи заключили договор на строительство десяти больших морозильных рыбо-



Рис. 5. Большой морозильный траулер пр. 5670WSD. Строительство ведется на Прибалтийском судостроительном заводе «Янтарь»

ловных траулеров мощностью свыше 400 т продукции в сутки для работы в Беринговом и Охотском морях (рис. 6). Сейчас заложено уже четыре судна, два спущены на воду.

Справка: По данным на 2018 г., ведущими странами мира по вылову рыбы являются КНР (19% от мирового вылова), Индонезия (7%), Индия (5%), США (5%), Россия (5%), Перу (4%), Япония (3%) и Вьетнам (3%). Около 70% мирового вылова рыбы

приходится на Тихий океан и выполняется странами Азии.

По данным Росрыболовства, в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне вылов в 2020 г. достиг 3,57 млн. т (из них 1,8 млн. т минтая), в Северном – почти 492 тыс. т (из них 305 тыс. т трески), в Азово-Черноморском – 68,5 тыс. т, в Западном – 83,2 тыс. т, в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне – 81,3 тыс. т, в конвенционных районах, зонах иностранных государств и открытой части Мирового океана – 626,5 тыс. т. ■



Рис. 6. Спуск на воду большого морозильного рыболовного траулера «Капитан Вдовиченко» пр. СТ-192 на Адмиралтейских верфях 27 марта 2020 г.

СЕВЕРНОМУ ПКБ - 75 ЛЕТ

*А.А. Дьячков, ген. директор
АО «Северное проектно-конструкторское бюро»,
контакт. тел. (812) 702 3005*



В ноябре 1945 г. в Советском Союзе был утвержден десятилетний план военного судостроения. 22 апреля 1946 г. вышел приказ о преобразовании филиала ЦКБ-17, располагавшегося на территории нынешней Северной верфи, в отдельное Центральное проектное бюро под номером 53. Именно с этой даты и ведет свой отсчет история Северного проектно-конструкторского бюро. В этом году бюро исполняет 75 лет.

Деятельность вновь образованного бюро была направлена на проектирование эскадренных миноносцев и сторожевых кораблей. В дальнейшем его специалистами был создан практически весь океанский флот Советского Союза, а многие проекты стали поистине эпохальными, по ряду параметров признаны эталонными в мировом кораблестроении. Западные эксперты не раз отмечали, что русские корабли являют собой великолепные образцы промышленного дизайна, сочетая большую ударную мощь, прекрасную мореходность, великолепную защиту, эффективные инженерные решения и динамично-агрессивный архитектурный облик.

Создание современного боевого корабля – это труд и интеллект тысяч специалистов и многих коллективов различных отраслей судостроительной промышленности. Но главную роль в проектировании корабля играет именно конструкторское бюро, проектант – творец инженерного сооружения. И Северное ПКБ уже на протяжении 75 лет успешно решает все поставленные перед ним задачи.

Проекты бюро всегда опережали свое время – практически каждый из них воплощался в металле в знаковый, этапный корабль, веху в истории не только отечественного, но и мирового военного кораблестроения, узнаваемую визитную карточку Северного ПКБ.

Продолжая славные традиции, бюро и сегодня в каждый новый проект, создаваемый уже не на кульманах, а на самой современной компьютерной технике с применением системы автоматизированного проектирования, закладывает наиболее передовые технические средства и образцы вооружения.

За большие заслуги в деле создания и производства новой техники, вклад в укрепление обороноспособности Родины бюро было отмечено государственными правительственными наградами: орденом Ленина (1963 г.) и орденом Октябрьской Революции. (1985 г.). 20 апреля 2006 г. Президентом Российской Федерации коллективу бюро была объявлена благодарность за большой вклад в развитие отечественного судостроения; 24 марта 2011 г. за большой вклад в развитие судостроительной промышленности Правительство Российской Федерации коллективу бюро был награжден Почетной грамотой.

Всего за годы существования Северного ПКБ по его проектам было построено около 500 кораблей и судов.

Северное ПКБ – это первый в мире специально спроектированный корабль с противокорабельным ракетным оружием (по терминологии того времени – «корабль с реактивным вооружением») – эскадренный миноносец пр. 57бис (главный конструктор – О.Ф. Якоб); это эскадренные миноносцы пр. 58 (главный конструктор – В.А. Никитин), обладающие огромной для своего времени ударной мощью, вследствие чего после постройки были переклассифицированы в ракетные крейсера, став таким образом родоначальником абсолютно нового класса кораблей; это БПК пр. 61 (главный конструктор – Б.И. Купенский), ставшие первыми крупными бо-

евыми надводными кораблями, на которых в качестве главной энергетической установки были применены газовые турбины. За характерный звук работающей на полной мощности ГЭУ они получили прозвище «поющие фрегаты».

Северное ПКБ – это противолодочные корабли, не имеющие аналогов в мире пр. 1134, 1134А, 1134Б (главный конструктор – В.Ф. Аникиев, затем А.К. Перьков), 1155 и 11551 (главный конструктор – Е.И. Третников, затем В.П. Мишин) и ракетные крейсера пр. 1164 (главный конструктор – А.К. Перьков, затем В.И. Мутихин), которые называют «убийцами авианосцев».

Северное ПКБ – это эскадренные миноносцы пр. 956, обладающие исключительной мореходностью, вооруженные противокорабельными ракетными комплексами и четырьмя 130-мм универсальными артиллерийскими орудиями (главный конструктор – В.Ф. Аникиев, затем И.И. Рубис) и сторожевые корабли пр. 1135 (главный конструктор – Н.П. Соболев).

Наконец, Северное ПКБ – это гордость военно-морского флота страны – тяжелые атомные ракетные крейсера пр. 1144 (главный конструктор – Б.И. Купенский). Последний корабль серии из четырех кораблей ТАРКР «Петр Великий» (пр. 11442) является флагманом Северного флота.

Начиная с 1998 г., разработка всех проектов в бюро ведется в системе автоматизированного трехмерного моделирования. В 2015 г. был реализован обмен проектными данными по защищенному каналу между бюро и заводом-строителем.

Существующая современная система автоматизированного 3D проекти-



Ракетный крейсер «Маршал Устинов» пр.1164 после модернизации



Фрегат «Адмирал Макаров» пр. 11356

рования стала мощным технологическим фундаментом и вектором развития информационных технологий. Единая технологическая среда, в свою очередь, позволяет управлять данными и проектами на современном уровне.

В 2016–2017 гг. в состав Военно-Морского Флота России вошли современные сторожевые корабли пр. 11356, так называемой «адмиральской серии», названные именами адмиралов русского флота – Григоровича, Эссена и Макарова. Основу ударного вооружения сторожевых кораблей этого проекта составляет вертикальная пусковая установка, предназначенная для ударных ракет «Калибр» и противокорабельных «Оникс».

Сторожевые корабли пр. 11356 – это глубокая модернизация СКР пр. 1135 «Буревестник» и его модификаций, которые строились в СССР большой серией. Флот и пограничники в общей сложности получили 39 кораблей этого семейства. Их отменные мореходные качества и хорошие условия обитаемости не раз отмечались эксплуатирующим их личным составом. Новые корабли унаследовали все лучшие качества своих предшественников, но из противолодочных они превратились в многоцелевые, получив при малом водоизмещении мощный ударный ракетный комплекс.

С 2016 г. эти корабли успешно выполняют боевые задачи в Сирии.

В настоящее время в бюро продолжается работа по обеспечению строительства серии фрегатов пр. 22350. Это корабли совершенно нового качества, корабли XXI в. Они стали первыми крупными надводными боевыми кораблями, заложенными на верфях России после распада СССР.



Многоцелевой фрегат «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» пр. 22350

Головной многоцелевой фрегат «Адмирал Флота Советского Союза Горшков» пр. 22350 передан ВМФ Российской Федерации в 2018 г. В 2020 г. в его состав вошел первый серийный фрегат

«Адмирал флота Касатонов». Второй серийный фрегат «Адмирал Головкин» был первым кораблем данного проекта с полностью российской энергетической установкой. На судостроительном заводе «Северная верфь» продолжаются работы по строительству шести фрегатов этой серии.

Многоцелевой фрегат пр. 22350 оснащен самыми современными интегрированными комплексами и системами вооружения и обеспечивает высокоэффективное решение широкого круга боевых задач. Эти фрегаты, не уступающие по своим основным характеристикам и боевым возможностям, а по ряду показателей и превосходящие зарубежные аналоги, способны существенно усилить группировки боевых надводных кораблей.

В 2019 г. «Адмирал Горшков» в составе кораблей и судов обеспечения Северного флота совершил кругосветный поход, что было признано достижением и занесено в Книгу рекордов Вооруженных сил Российской Федерации. В 2020 г. с борта фрегата «Адми-

рал Горшков» был произведен первый успешный испытательный пуск гиперзвуковой ракеты «Циркон» с морской платформы.

В этом же году за разработку и создание фрегатов пр. 22350 группе специалистов Северного ПКБ была присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Еще один принципиально новый проект, который реализуется для российского ВМФ на ОАО «Зеленодольский завод имени А. М. Горького», – это патрульные корабли дальней морской зоны пр. 22160.

Это первый российский корабль, который спроектирован с применением модульной концепции вооружения. Часть вооружения на корабле монтируется на стадии строительства и не меняется в течение всей службы. Зарезервированы площади и объемы,



Патрульный корабль «Василий Быков» пр. 22160

которые в ходе ремонта или модернизации можно использовать для размещения дополнительного вооружения. Кроме того, имеются специальные места под съемные модули различного назначения, которые в процессе эксплуатации можно менять в зависимости от решаемых задач. К настоящему моменту три корабля серии уже вошли в состав флота, три – в различной стадии постройки.

Как доказательство пристального интереса к нашему кораблю со стороны иностранцев, можно привести тот факт, что китайские СМИ в сентябре 2020 г. назвали пр. 22160 «неожиданным козырем российского флота».

Сохраняется традиция Северного ПКБ создавать корабли для российских пограничников. С 2007 г. осуществляется серийное строительство пограничных кораблей пр. 22460 «Охотник». Тринадцать кораблей уже переданы Пограничной службе РФ, еще один



Пограничный сторожевой корабль «Жемчуг» пр. 22460

В рамках гособоронзаказа ведутся работы по созданию принципиально новых эскадренных миноносцев, разрабатывается документация по ремонту и модернизации ТАРКР «Адмирал Нахимов» (пр. 11442М), которые ведет АО «ПО «Севмаш».

возможности и позволяет выполнять задачи ударного корабля дальней морской зоны.

Отдельного внимания заслуживает тема военно-технического сотрудничества бюро.

Начиная с 1957 г. Болгарии, Польше, ГДР, ОАР, Индонезии, Финляндии и КНР поставлялись корабли, спроектированные в Северном ПКБ. В их числе – эсминцы пр. 30бис, (30 БА, 30БК), 31 и 56А, а также СКР пр. 50. При этом часть сторожевых кораблей была построена в КНР при технической помощи ЦКБ 53.

Особо следует отметить сотрудничество с Республикой Индия. Не будет преувеличением сказать, что создание военного флота Индии – заслуга специалистов Северного ПКБ. В 1974–1976 гг. Северное ПКБ на базе отечественного пр. 61М разработало проект фрегата 61МЭ (главный конструктор – А.Д. Шишкин). Головной фрегат серии «Раджпут» был передан заказчику в 1980 г., а последний – в 1987 г. после модернизации, заключающейся в их оснащении индийско-российским противокорабельным комплексом «BrahMos», а также современными зенитно-ракетными комплексами.



Тяжелый атомный ракетный крейсер «Петр Великий» пр. 11442

проходит испытания. За создание проекта этого корабля группа конструкторов была отмечена премией Правительства РФ.

Вооружение состоит из одной 30-мм АУ АК-306 и двух 12,7-мм пулеметов «Корд». Такой состав вооружения достаточен для выполнения задач, которые отводятся кораблям этого типа.

В ходе проектирования корабля была предусмотрена возможность его использования в различных регионах мира, поэтому «Охотник» может действовать как в экваториальных водах, так и в тонком и битом льду, а конструкция его стального корпуса гарантирует выполнение поставленной задачи даже после столкновения с судном-нарушителем.

Сегодня специалисты, инженеры и конструкторы бюро, опираясь на многолетний опыт и используя наиболее современные методы проектирования, работают над новыми проектами боевых надводных кораблей для российского флота.

В 2020 г. были завершены работы по модернизации большого противолодочного корабля «Маршал Шапошников» пр. 1155. Установка новых комплексов вооружения значительно повысила его боевые воз-



Большой противолодочный корабль «Маршал Шапошников» пр.1155 после модернизации

По просьбе индийского правительства Северное ПКБ совместно с представителями военно-морского флота в свое время определили состав вооружения и военной техники советского производства для установки на кораблях, проектируемых в Индии. На верфях заказчика при техническом содействии российской стороны были построены и сданы флоту корабли пр. 15, 15А, 16, 16А, 25 и 25А.

С 1999 г. Северное ПКБ оказывало техническое содействие в проектировании индийскими специалистами корабля пр. 17. Передача головного корабля «Shivalik» ВМС Индии состоялась 21 апреля 2010 г.

В конце 1990-х гг. была разработана техническая документация на новый фрегат (пр. 11356, главный конструктор – В. А. Перевалов) для индийского флота. В 2003–2004 гг. и в 2012–2013 гг. две серии из трех кораблей в каждой переданы индийским морякам.

В 1999 г. ВМС Республики Вьетнам был передан патрульно-сторожевой корабль пр. ПС-500 (главный конструктор – В. И. Мухомин).

В 90-е гг. прошлого века, в крайне тяжелое для нашей страны время, эти заказы сыграли огромнейшую роль не только для бюро, но и для судостроительной отрасли России в целом, позволив сохранить квалифицированные инженерные и рабочие кадры. Главная заслуга в этом принадлежит Владимиру Евгеньевичу Юхнину, в то время занимавшему пост начальника и главного конструктора Северного ПКБ.

Создавали специалисты Северного ПКБ и основу ВМС НОАК. В конце 80-х гг. начала разрабатываться военно-морская доктрина Китая. В то время Китай нуждался в современных технологиях, которыми он не обладал. Это касалось и военно-морской техники.

В 1999–2000 гг. КНР были переданы два эсминца пр. 956, доработанных по пр. 956Э (главный конструктор – И. И. Рубис). Первый корабль совершил беспрецедентный переход через 13 морей и 3 океана, при этом вся техника вела себя безукоризненно.

По результатам успешного сотрудничества в январе 2002 г. был заключен новый контракт на поставку еще двух эсминцев пр. 956ЭМ (главный конструктор – В. П. Мишин). Корабли были построены и переданы ВМС КНР в 2005 и 2006 гг.

В 2001 г., в конце февраля, был подписан контракт на оказание технического содействия по установке комплексов вооружения и оборудования на китайские эсминцы пр. 052В. Тема получила название «968». На этих эсминцах было применено большое количество систем, как на кораблях пр. 956, в связи с этим на Западе их



Эскадренный миноносец пр. 956Э ВМС Китая

окрестили «китайскими современными». Сотрудничество по теме «968» было завершено в 2005 г. Корабль пр. 052В стал платформой для проектирования уже китайского эсминца пр. 052С.

Чуть ранее, в апреле 2002 г., были подписаны Межправительственное соглашение и контракт на оказание технического содействия по установке российского оборудования на китайские эсминцы пр. 051С (тема «988»). Работы по обеим темам велись в бюро под руководством В. И. Голяка.

В 2004–2005 гг. по заказу Казахстана бюро разработало проект катера-снабженца (пр. 22180, главный конструктор – А. Ю. Наумов), предназначенного для доставки грузов и персонала на буровые платформы Каспия.

рый был накоплен за годы его работы и сейчас успешно реализуется в целом ряде как отечественных заказов, так и экспортных проектов.

Корабли, спроектированные в бюро, несут свою нелегкую службу во всех районах Мирового океана, осуществляют демонстрацию флага и обеспечивают обороноспособность России. АО «Северное ПКБ», будучи одним из существенных звеньев в структуре Объединенной судостроительной корпорации (ОСК), призванной и способной реализовать стратегию развития отечественного кораблестроения, поддерживает и реализует планы ОСК по дальнейшему развитию судостроительной отрасли страны, интенсификации технического прогресса в области морских во-



Средний десантный корабль пр. 21810

В настоящее время под руководством А. Ю. Наумова создан ориентированный на инозаказчиков пр. 21810 среднего десантного корабля, главным предназначением которого является транспортировка морем и высадка десанта (до 200 чел.) и боевой техники (5 танков) на необорудованный берег.

Сегодня Северное ПКБ объективно занимает лидирующее место на мировом рынке военно-морской техники. Востребованность проектов Северного ПКБ основана на богатом опыте, кото-

оружений, становлению России как великой морской державы.

У нашего бюро не только славное прошлое. Северное ПКБ уверенно смотрит в будущее. Реализация достижений научно-технического прогресса, использование современных подходов к проектированию – вот реальные шаги по дальнейшей технической эволюции предприятия, которое приложит все усилия для создания российской военно-морской мощи. ■

Развитие надводных боевых кораблей основных классов характеризуется рядом новых особенностей, ставших заметными в период минувшего десятилетия. Об этих особенностях или, правильнее сказать, тенденциях развития неоднократно упоминалось в различных источниках. Это – расширение круга решаемых кораблями боевых задач, увеличение автономности плавания и мореходности кораблей, внедрение модульных принципов и контейнеризованного вооружения, роботизация и безэкипажность, сетевая цифровизация и электродвижение.

Усилия по развитию перечисленных тенденций предпринимаются практически всеми ведущими морскими странами. Не всегда эти попытки увенчивались успехом. Так, разработанные в рамках программы LCS два проекта кораблей литоральной зоны ВМС США не вполне оправдали возложенные на них надежды. Они оказались чрезмерно дорогими, а создаваемые для них сменные модули не так легко изменяли назначение корабля, как этого хотелось. Со значительными сложностями столкнулись и создатели «электрических» кораблей (эсминец ВМС США «Zumwalt», эсминец ВМС Великобритании «Daring»). Здесь препятствием в освоении инновационных решений стали не только высокая стоимость, но и надежность единой электроэнергетической системы корабля (IEP). При этом безэкипажность пока еще остается на стадии испытаний прототипов (MUSV ВМС США), а роботизация с трудом пробивает дорогу в рамках совершенствования средств противоминной борьбы. Но, несмотря на все трудности, этот процесс, очевидно, будет продолжен, и тот, кто не хочет оказаться в положении отстающего, должен поскорее в него включиться.

Вместе с тем освоение новых технологий, безусловно, оказывает влияние не только на облик, но и на всю систему классов боевых надводных кораблей.

Оставляя в стороне специализированные классы – авианосцы, десантные корабли и тральщики, хотя последние и не в полной мере, рассмотрим наблюдаемые изменения основных классов многоцелевых надводных кораблей, к которым относятся эсминцы, фрегаты и корветы.

Об эсминцах много говорить не приходится. Водоизмещения этих наиболее крупных и мощных боевых надводных кораблей к началу второго десятилетия превысили отметку в 9000 т, тем самым резко сузился круг стран, способных строить и содержать их в составе своих флотов (США, КНР, Япония, Южная Корея). Однако и среди этих стран в последнее десятилетие только США вели строительство эсминцев новых проек-

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ БОЕВЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

*А.В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
И.Г. Захаров, д-р техн. наук, проф., зам. ген. директора
по перспективному проектированию, АО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 373 8300, 369 1233*

тов. Речь идет об уже упоминавшемся эсминце «Zumwalt» водоизмещением около 17 500 т, а также «Arleigh Burke» (Flight III) – около 9000 т. Это, конечно, не означает, что в перспективе строительство эсминцев будут вести только США. Но высокая стоимость этих кораблей и то, что их новые проекты не появились в других странах на протяжении десяти лет, говорит об их исключительно ограниченном распространении в мировом флоте.

Что касается фрегатов и корветов, то, рассматривая новые проекты кораблей, построенных после 2010 г., можно заметить в качестве характерной особенности тенденцию к разделению класса фрегатов на два подкласса: фрегаты и легкие фрегаты. Этот термин встречается уже в прессе, хотя наряду с ним используется также такое название, как многоцелевой корвет.

Попытки определения этого нового класса – легких фрегатов – можно увидеть, например, в комментариях к таким проектам, как «FTI» («DTI») ВМС Франции. Там отмечается, что «фрегаты «FTI» займут промежуточное положение между фрегатами типа «FREMM» и корветами типа «Gowind»...». Нечто похожее говорится и в отношении перспективного пр. 31 ВМС Великобритании. В обосновании его облика, в частности, отмечается, что «первоначально предполагалось построить для Королевского военно-морского флота 13 «глобальных боевых кораблей» пр. 26, заменив ими фрегаты типа 23. Однако позже было объявлено, что будет построено только восемь фрегатов. Оставшееся

финансирование было решено потратить на разработку нового типа легких и более дешевых фрегатов проекта 31. В связи с этим ожидается увеличение общего числа фрегатов ВМС Великобритании».

Для более строгого анализа наблюдаемой тенденции нами рассмотрены все новые проекты, появившиеся в мире с 2010 г. водоизмещением от 2000 до 9000 т. Обозначенную выборку составили 39 проектов, по которым было построено 116 кораблей. Кривая упорядоченных по убыванию водоизмещения этих проектов показывает (рис. 1), что в средней ее части происходит заметный скачок, отделяющий более крупные корабли от кораблей меньшего водоизмещения и не имеющий места в предыдущем десятилетии.

Поскольку определяющим в классе корабля, наряду с водоизмещением, является состав основного оружия и вооружения, был выполнен анализ, позволяющий отличать тип ударного ракетного (стратегический/тактический) и зенитно-ракетного (средней дальности/самообороны) вооружения, состав средств противолодочной борьбы и оснащенность авиационным вооружением. Результаты анализа (см. рис. 1) показали существенную отделимость двух групп кораблей и согласованность такого разделения по критериям водоизмещения и состава вооружения. Тенденция образования двух классов (фрегатов и легких фрегатов) также подтверждается значительным (примерно в два раза с 36% до 10–20%) снижением значения среднеквадратического отклонения во-

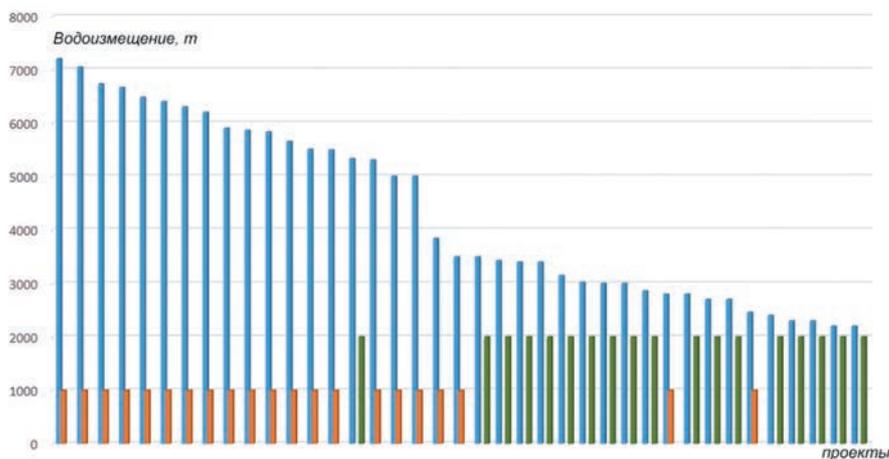


Рис. 1. Тенденция разделения фрегатов на два класса:
■ – фрегаты; ■ – легкие фрегаты

Осредненные характеристики фрегатов и легких фрегатов

Характеристика	Фрегаты	Легкие фрегаты
Средние значения, станд. откл., доли в %	Сравниваются характеристики 17 проектов	Сравниваются характеристики 22 проектов
Количество	60	56
Годы сдачи кораблей в эксплуатацию	2010–2024	2010–2024
Дальность хода (при 18 уз), миль	4500 (ст. откл. – 1100)	3300 (ст. откл. – 930)
Водоизмещение нормальное, т	6050 (ст. откл. – 640)	3000 (ст. откл. – 650)
Скорость полного хода, уз	29 (ст. откл. – 2)	29 (ст. откл. – 4)
Тип ГЭУ	47% – CODLAG; 35% – CODAG; 12% – COGAG	45% – CODAD; 27% – CODAG; 23% – CODLOG
Тип ПУ КРБД	23% – ВПУ; 77% – КРБД отсутствуют	10% – ВПУ; 90% – КРБД отсутствуют
Количество ПУ КРБД, ед.	11 (ст. откл. – 4)	8
Тип ПУ КР тактического назначения	70% – ТПК; 18% – ВПУ	82% – ТПК; 0% – ВПУ
Количество ПУ КР такт. назначения, ед.	9 (ст. откл. – 3)	8 (ст. откл. – 4)
Тип ПУ ЗРК средней дальности (30–40км)	92% – ВПУ; 24% – ЗРК ср. дальн. отсутствуют	100% – ВПУ; 77% – ЗРК ср. дальн. отсутствуют
Количество ЗУР средней дальности, ед.	22 (ст. откл. – 16)	14,5 (ст. откл. – 8)
Тип ПУ ЗРК самообороны (8–12км)	85% – ВПУ; 24% – ЗРК самообороны отсутствуют	65% – ВПУ; 35% – ПАК; 23% ЗРК бл. дальн. отсутствуют
Количество ЗУР ближней дальности, ед.	23 (ст. откл. – 12)	18,6 (ст. откл. – 15)
Количество артустановок среднего калибра (76–127мм), ед.	76% – на корабле одна установка, 24% – 2–3	95% – на корабле одна установка
Количество артустановок мал. калибра (27–57мм), ед.	2 (ст. откл. – 1)	2 (ст. откл. – 1)
Тип ГАС, подкильн.- ГАК, буксир.- БГАС	94% – оснащены ГАС, из них ГАК+БГАС, – 94%	86% – оснащены ГАС, из них ГАК+БГАС – 74%
Оснащены ракетами-торпедами	18%	4,50%
Количество торпед, ед.	5 (ст. откл. – 1)	6 (ст. откл. – 1)
Количество вертолетов	100% – из них 35% – два	94% – один; 6% – два
Способ хранения вертолета	100% – ангар	86% – ангар

доизмещения по обеим группам кораблей по сравнению с общей выборкой.

Аспект анализа двух полученных выборок, на который следует обратить внимание, касается осредненных характеристик кораблей выделенных классов (см. таблицу). Во втором столбце таблицы собраны осредненные характеристики фрегатов, в третьем – легких фрегатов (многоцелевых корветов). При этом нужно отметить, что внесенные в эту таблицу значения характеризуют корабли, которые, скорее всего, будут представлять флоты морских стран в течение ближайших нескольких десятилетий. То есть это в некотором смысле будущее мирового флота.

Из таблицы можно видеть, что водоизмещение фрегатов (представлено 17 проектов) в среднем составляет 6050 т. Учитывая общую тенденцию к росту водоизмещения по сравнению с предыдущим десятилетием (на 11%), к этому значению следует прибавить величину среднеквадратического отклонения, и тогда можно ожидать, что водоизмещение перспективного фрегата превысит 6500 т (например, пр. 125, Германия, – 6660 т, пр. 26, Великобритания, – 6400 т).

Легкие фрегаты, представленные 22 новыми проектами (см. таблицу), имеют среднее водоизмещение примерно в два

раза меньше – около 3000 т, что при ожидаемом росте на величину среднеквадратического отклонения может составлять около 3500 т (например, «Bhumibol Adulyadej» (Южная Корея), Таиланд, – 3500 т, «Erradii» (Германия), Алжир, – 3400 т). Такое соотношение позволяет достаточно точно разделить классы.

Скорость полного хода как фрегатов, так и легких фрегатов (многоцелевых корветов) будет оставаться близкой к 30 уз (29 уз), однако достигаться она будет разными типами энергетической установки (ГЭУ). Для фрегатов это примерно с равной вероятностью будет либо дизель-газотурбинная установка (CODAG, CODOG – 35%), либо энергоустановка с частичным электродвижением (CODLAG, CODLOG – 47%). При этом газо-газотурбинные установки на фрегатах широкого распространения не получат (12%). На легких фрегатах будут устанавливаться преимущественно дизельные энергоустановки (CODAD – 45%) при примерно равном участии дизель-газотурбинных установок (27%) и энергоустановок с частичным электродвижением (23%).

Дальности плавания кораблей обоих классов также будут различаться (при скорости 18 уз): для фрегатов – 3500–5500 миль, для легких фрегатов – 2500–4500 миль.

Ударным оружием всех без исключения рассматриваемых здесь проектов кораблей являются крылатые ракеты (КР). При этом не более 25% проектов фрегатов предусматривают оснащение КР большой дальности (КРБД, стратегического назначения) в ВПУ. На легких фрегатах оружие этого класса практически не встречается. Таким образом, на большей части фрегатов и на всех легких фрегатах размещены КР тактического назначения. Вместе с тем по сравнению с предыдущим десятилетием (видимо, под влиянием успешного применения КР в 2015 г. в конфликте в Сирии) наблюдается значительное увеличение числа кораблей, оснащенных КР большой дальности (с 3% до 15%).

На фрегатах из ВПУ запускается только пятая часть всех КР, в то время как на легких фрегатах большинство КР стартуют из наклонных пусковых установок (ТПК). Среднее количество крылатых ракет обоих типов примерно одинаково – 8–10 ед., но на фрегатах их все же несколько больше (10–12 ед.).

Для обеспечения боевой устойчивости от средств воздушного нападения на фрегатах и легких фрегатах в обязательном порядке устанавливаются зенитно-ракетные комплексы (ЗРК). При этом три четверти проектов фрегатов пре-

дусматривают размещение ЗРК средней дальности (30–40 км), а подавляющее большинство ЗРК используют ВПУ (ЗРК средней дальности – 92%, самообороны – 85%). Кроме того, в половине проектов фрегатов, наряду с ЗРК средней дальности, устанавливаются также ЗРК самообороны со средним общим числом боезапаса свыше 40 ед. Среднее же число ракетного боезапаса на фрегатах каждого типа ЗРК примерно равно и составляет 22–24 ед.

На легких фрегатах размещение одновременно двух типов ЗРК практически не встречается. При этом ЗРК средней дальности размещаются менее чем на четверти общего числа проектов (все ракеты стартуют из ВПУ), а ЗРК самообороны используют для хранения и запуска ВПУ в 65% проектов. И как на фрегатах, так и на легких фрегатах среднее число ракетного боезапаса каждого типа ЗРК примерно равно, но существенно меньше и составляет 14–18 ед. При этом значение среднеквадратического отклонения количества ЗРК средней дальности на проектах легких фрегатов примерно в два раза меньше, чем значение этой величины для ЗРК самообороны, что говорит об относительной ее устойчивости.

Артиллерийское вооружение фрегатов обычно состоит из одной-двух артиллерийских установок среднего калибра (три четверти проектов – одна артиллерийская установка) и двух артиллерийских установок малого калибра. Легкие же фрегаты оснащаются исключительно одной артиллерийской установки среднего калибра и, так же как и фрегаты, в среднем двумя артиллерийскими установками малого калибра.

В качестве оружия для борьбы с подводными лодками на всех проектах фрегатов и легких фрегатов используются 4–6 ед. малогабаритных торпед (калибра 324 мм). Ракето-торпеды встречаются не более чем на пятой части проектов фрегатов, а на легких фрегатах – в четыре раза реже. Это, скорее всего, связано с тем, что для надводных кораблей среднего водоизмещения вероятность

выхода в атаку на подводную лодку на полной дальности применения ракетоторпед из-за небольшой дистанции ее обнаружения невелика, и ракетоторпеды размещаются только на тех кораблях, где устанавливаются универсальные пусковые установки под другое оружие.

Размещение средств освещения обстановки в нижней полусфере (комплексов ГАС) предусматривается практически на всех проектах фрегатов. Только на 86% проектов легких фрегатов размещены средства поиска подводных лодок. Также практически на всех фрегатах, наряду с подкильными ГАС, устанавливаются буксируемые системы (БГАС). Для легких фрегатов такие проекты составляют только 74%.

Все проекты фрегатов предусматривают оснащение комплексами авиационного вооружения с постоянным хранением вертолетов в ангаре. При этом на трети проектов предусматривается размещение двух вертолетов. На легких фрегатах практически повсеместно размещается только один вертолет, и лишь в 86% случаев этот вертолет базируется в ангаре.

Несмотря на существенные различия, на всех построенных в последнее десятилетие фрегатах и легких фрегатах внедрялись инновационные решения. Одним из наиболее заметных из них можно назвать РЛС освещения воздушной и надводной обстановки на неподвижных АФАР. Такими РЛС оснащены до половины фрегатов (44%) и в два раза меньше (18%) легких фрегатов (РЛС TRS-4D – рис. 2). Примерно в таком же соотношении на новых проектах идет внедрение РЛС нового направления – двухдиапазонных. По заявлению производителей, эти комплексы интегрируют возможности работающих в двух диапазонах РЛС (как правило, S и X), обеспечивая высокие характеристики в пограничном диапазоне условий.

В последние годы серьезную опасность для кораблей и судов создают действия террористов и пиратов на бы-

строходных малоразмерных катерах. Эффективным средством борьбы с такими целями, а также различными средствами воздушного нападения являются роботизированные малокалиберные артиллерийские установки, оборудованные быстродействующими приводами системы стабилизации, высокотехнологичными прицельными комплексами и дистанционными средствами управления (артиллерийская установка Narwhal 20A, рис. 3). В результате на больше половины проектов в равной степени фрегатов и легких фрегатов последнего десятилетия предусматривается размещение этих боевых средств.

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) корабельного базирования не получили пока такого широкого распространения, как БЛА сухопутного базирования. Вместе с тем активность в этой сфере за последнее десятилетие значительно возросла, создавая перспективу расширения возможностей морской разведки, патрулирования, а, возможно, в дальнейшем и боевого применения. При этом наибольшую перспективу имеют БЛА вертолетного типа (БЛА MQ-8B «Fire Scout», рис. 4).

Отмечая распространение такой современной тенденции, как временное размещение на кораблях модульного (контейнеризованного) вооружения, можно заметить, что примерно на трети рассматриваемых здесь проектов фрегатов и легких фрегатов для решения этих задач предусматриваются так называемые трансформерные помещения. Наличие такого помещения или отсека целевой нагрузки – важная особенность современных проектов. Здесь может располагаться различное оборудование или вооружение в зависимости от возлагаемых на корабль дополнительных задач, в частности, реализована возможность размещения стандартных контейнеров, лодок и беспилотных транспортных средств (отсек целевой нагрузки фрегата пр. 26, рис. 5). Вероятно, в дальнейшем эта тенденция будет развиваться.



Рис. 2. Внешний вид многофункциональной РЛС с АФАР TRS-4D компании Cassidian/EADS на фрегате ВМС Германии пр. 125



Рис. 3. Роботизированная 20-мм артиллерийская установка Narwhal 20A компании Nexter. Устанавливается на УДК «Mistral» и фрегатах FREMM ВМС Франции



Рис. 4. Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа ВМС США MQ-8B «Fire Scout» компании Sikorsky



Рис. 5. Отсек целевой нагрузки фрегата пр. 26 ВМС Великобритании

В целом, выполненный сравнительный анализ осредненных технических характеристик фрегатов и легких фрегатов (многоцелевых корветов) позволяет сделать вывод о том, что фрегаты являются более крупными и мощными в ударном отношении кораблями, чаще, чем легкие фрегаты, оснащены средствами борьбы с подводными лодками и авиационным вооружением. В части средств борьбы с воздушным противником фрегаты значительно (более чем в три раза) чаще, чем легкие фрегаты, оснащаются ЗРК коллективной обороны (средней дальности) и имеют в два раза больший боезапас зенитных ракет.

В свою очередь, выделение легких фрегатов (многоцелевых корветов) в самостоятельный класс позволяет более интенсивно наращивать корабельный состав надводного флота. Выполненный в настоящей работе анализ показал, что снижение практически в два раза водоизмещения и, как отмечено выше, сокращение боевых возможностей легких фрегатов позволили уменьшить среднюю стоимость их строительства примерно на 60% (с 653 млн. до 404 млн. долл.). При этом среднее время строительства головных легких фрегатов по сравнению с фрегатами сократилось в 1,5 раза (с 72 месяцев до 48 месяцев). Сравнение этих характеристик показано на рис. 6.

Выполненный в настоящей работе анализ позволяет сделать предположение, что легкие фрегаты (многоцелевые корветы) выступают в качестве сил «второго эшелона» по отношению к фрегатам и отвечают за необходимое наращивание вымпельного состава флота. Однако это справедливо только для более мощных в экономическом отношении морских государств, которые могут позволить иметь в составе своих ВМС такие дорогие корабли, как фрегаты или эсминцы. Другие страны строят и эксплуатируют легкие фрегаты в качестве кораблей старшего класса флота. Эту ситуацию иллюстрирует рис. 7,

на котором на фоне упорядоченных по убыванию значений валового национального продукта (ВВП) стран показаны ВМС, в которых легкие фрегаты выступают в качестве «второго эшелона» по отношению к фрегатам. Видно,

кие фрегаты в качестве старшего класса, располагаются на этом графике значительно правее.

В целом, вновь нарождающийся класс легких фрегатов (многоцелевых корветов) является динамически разви-



Рис. 6. Соотношение характеристик фрегатов и легких фрегатов



Рис. 7. Распределение легких фрегатов по старшим и младшим классам

что такие ВМС расположены ближе к левой границе графика, т. е. в области «богатых» стран. ВМС, строящие лег-

вающимся классом боевых надводных кораблей, занимающим важное место в системе надводных сил флотов. ■

Исполнилось 90 лет яркому представителю отечественной школы атомного подводного кораблестроения Радио Анатолевичу Шмакову. Всю свою профессиональную жизнь он посвятил укреплению оборонного щита нашей Родины. В 1976 г. он был назначен Министерством судостроительной промышленности на должность главного конструктора подводных лодок, в которой и проработал 40 лет.

17 января 1931 г. в Новосибирске, в семье Шмаковых в один день родились два сына – Сталь и Радий, которые впоследствии оставили заметный след в истории страны. Радий с серебряной медалью окончил школу и поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, который окончил с отличием в 1954 г. Его брат Сталь окончил Новосибирский государственный педагогический институт, став видным педагогом, в честь которого названа одна из улиц в Новосибирске.

После окончания института Радий Анатолевиич был направлен в конструкторское бюро СКБ-143, которое имело высший «нулевой» гриф секретности. Тогда он еще не знал, что ему предстоит участвовать в создании первой советской подводной лодки К-3 пр. 627 с ядерной энергетической установкой под руководством выдающегося главного конструктора Владимира Николаевича Перегудова.

«Работа в бюро была организована таким образом, что только небольшая группа людей знала о будущем движении подводной лодки с помощью ядерной энергии», – вспоминает Радий Анатолевиич. На первом выходе на испытания атомной подводной лодки он занимался вывеской и кренованием корабля. Корабль поражал своей необычностью – непривычной для подводной лодки округлым носом и закругленной надстройкой для улучшения гидродинамических характеристик.

Когда наступило время модернизации первой атомной подводной лодки (АПЛ) и строительство серии кораблей пр. 627А все расчеты по статике, погружению и всплытию, непотопляемости, инструкции на стадиях технического и рабочего проектирования АПЛ были подписаны им как начальником сектора проектного отдела СКБ-143.

Но главным делом его жизни стала отработка ракетных комплексов для всех подводных лодок. В 1962 г. Радия Анатолевиича назначили главным конструктором по переоборудованию ПЛ пр. 613 в опытовый корабль для проведения летно-конструкторских и государственных испытаний противолодочного ракетного комплекса «Вьюга». Номер проекта получил дополнительную аббревиатуру РВ. В дальнейшем под его руководством было построено несколько

Р. А. ШМАКОВУ - 90 ЛЕТ

АО «СПБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 7506



ко опытовых кораблей проектов 633РВ, 633КС, а также наземный стенд 03010. На них были отработаны, проведены государственные испытания и приняты на вооружение ракетные комплексы «Вьюга», «Водопад», «Ветер», «Водопад-НК», «Шквал», «Гранат», «Калибр». Установили эти ракетные комплексы на АПЛ первого и второго поколений.

В 1976 г. Радия Анатолевиича назначили главным конструктором по кораблям первого поколения проектов 627, 627А, 645, которые он принял от своих наставников В. Н. Перегудова и А. К. Назарова. В дальнейшем ему были переданы АПЛ второго поколения проектов 661, 705, 705К, 671, 671РТ и 671РТМ Н. Н. Исанина, М. В. Русанова, Г. Н. Чернышёва.

Строительство последних четырех серийных АПЛ пр. 671РТМК на «Ленинградском Адмиралтейском объединении» и их модернизация на СРЗ «Нерпа» осуществлялись под руководством Р. А. Шмакова. Некоторые из них до сих пор охраняют рубежи нашей Родины.

С 1967 по 1977 г. Радий Анатолевиич вел активную преподавательскую работу (по совместительству) в Ленинградском кораблестроительном институте, где читал курсы лекций по теории корабля и устройству подводных лодок.

Родина высоко оценила заслуги Р. А. Шмакова. Он удостоен звания лауреата Государственной премии СССР (1981 г.) и был отмечен Премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники (1997 г.). Награжден орденами Октябрьской революции, Трудового Красного Знамени (дважды), многими медалями, в том числе мемориальными медалями С. П. Ко-

ролёва, В. П. Макеева, Н. А. Доллежалы, Н. Н. Исанина, Л. В. Люльева.

Несколько десятилетий Радий Анатолевиич Шмаков является главным редактором всех издаваемых печатных изданий АО «СПБМ «Малахит», посвященных истории отечественного подводного кораблестроения. По его инициативе и под его редакцией вышло 35 книг из серии «Подводное кораблестроение – прошлое, настоящее, будущее». Под его руководством и в настоящее время выходят книги, посвященные ветеранам, создававшим боевые корабли.

Им написаны десятки статей по истории отечественного подводного флота, которые опубликованы в журналах «Судостроение», «Морской сборник», «Морской вестник», «Национальная оборона», «Атомная стратегия», альманахах «Тайфун», «Гангут» и других изданиях.

Свои знания он до сих пор передает людям, приходящим на экскурсии в музей АО «СПБМ «Малахит». Обладая большой эрудицией и энциклопедическими знаниями, Радий Анатолевиич для каждой аудитории выбирает индивидуальную тему для общения, которая интересна слушателям, будь то представители промышленности, слушатели Военно-морской академии или школьники и кадеты морских учебных заведений.

Коллектив Санкт-Петербургского морского бюро машиностроения «Малахит» желает Вам, Радий Анатолевиич, крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и новых творческих успехов!

Редсовет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру здоровья, благополучия и успехов на благо Отечества. ■

Сегодня вопросам логистического обеспечения арктических проектов уделяется максимальное внимание. Зачастую качественное решение этих вопросов определяет экономическую состоятельность самих проектов в целом.

К инфраструктурным следует отнести проекты освоения морских и береговых месторождений, создание портов и береговых сооружений и ряд других.

К ключевым особенностям арктических проектов относятся значительная удаленность от пунктов обеспечения грузами, необходимыми для строительства объектов инфраструктуры и их эксплуатации; наличие льда и короткий неледовый период; отсутствие возможности создания береговых баз обеспечения.

Решение задачи снабжения удаленных инфраструктурных объектов может быть получено за счет применения инновационной, транспортно-логистической системы (ТЛС) морского обеспечения буровых и иных видов работ на арктическом шельфе, основанной на использовании автономных комплексов обеспечения (АКО). Такой комплекс должен включать в себя:

- плавучую базу обеспечения (ПБО) высокого ледового класса (Arc7), способную снабжать морские буровые установки (МБУ) всеми необходимыми материалами и оборудованием в течение бурового сезона, принимать, хранить и частично перерабатывать отходы буровых работ, служить базой для развертывания работ по УЛО, ЛАРН, пожаротушению и спасательным операциям, а также операций по смене персонала МБУ и экипажей вспомогательных судов (рис. 1);
- многофункциональные ледокольные суда обеспечения (МЛСО) высокого ледового класса (Icebreaker7), выполняющие функции ледовой защиты МБУ, ее буксировки, заводки якорей, а также функции ЛАРН, спасения, пожаротушения и снабжения (рис. 2).

Аспекты создания и эксплуатации такого комплекса были исследованы в рамках опытно-конструкторской работы «Разработка концептуального проекта автономного комплекса обеспечения поисково-разведочных работ и входящих в его состав судов, в том числе финансовых и технологических схем организации их строительства на российских заводах» (шифр «ПРР-Арктика-2»), выполненной по государственному контракту.

В рамках этой работы ООО «ПКБ «Петробалт» были разработаны кон-

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ И СПОСОБЫ ИХ РАСЧЕТА

*И.В. Щербаков, ген. директор,
А.В. Сердечный, гл. конструктор,
ООО ПКБ «Петробалт»,
А.Б. Крестьянцев, ген.директор,
О.В. Таровик, техн. директор,
ООО «Бюро Гиперборья»,
контакт. тел. +7 (953) 359 4590, +7 (921) 751 3269*



Рис. 1. Общий вид плавучей базы обеспечения (ПБО)



Рис. 2. Общий вид многофункционального ледокольного судна обеспечения (МЛСО)

цептуальные проекты указанных выше судов. Одними из основных задач оптимизационного проектирования при разработке проекта ПБО стало определение состава дедвейта, вместимости и площадей палуб и трюмов для обеспечения всех заданных функций, а также разработка логистической схемы транспортировки, хранения и передачи грузов снабжения и отходов бурения в необходимой последовательности.

ООО «Бюро Гиперборея» по заказу ООО «ПКБ «Петробалт» в рамках первой задачи для определения необходимого дедвейта и площади палуб ПБО была проанализирована типовая номенклатура грузов, необходимая для строительства морской разведочной скважины, а также номенклатура обратных грузов (отходов). Кроме того, было определено количество грузов каждого типа, необходимых для строительства расчетной разведочной скважины глубиной около 4200 м, и количество образующихся отходов. Всего было рассмотрено девять типов грузов, таких как оборудование, трубы, цементные смеси, химические реагенты, техническая вода, дизельное топливо, шлам, сточные воды, бытовые отходы (рис. 3). Также был выполнен анализ вариантов тары, используемой для доставки грузов снабжения различного типа на буровую установку и для вывоза с нее отходов. Выполнены оценки динамики распределения грузопотоков снабжения во времени с учетом периодов мобилизации и демобилизации оборудования.

По результатам исследований были определены дедвейт судна около 24 тыс. т и площадь палуб порядка 13,8 тыс. м².

В рамках второй задачи ООО ПКБ «Петробалт» с использованием результатов анализа тары был разработан комплекс для приема, транспортировки, межпалубного перемещения, хранения и выдачи контейнерных грузов. Комплекс включает различные грузовые пространства, помещения для перевозки опасных грузов, грузовые устройства, включая грузовые краны и подъемники, судовые подъемные платформы, а также устройства перемещения и фиксации груза, люковые закрытия и автоматизированную систему управления. Посредством системы управления комплекс позволяет в автоматическом режиме подготавливать и формировать на перегрузочной площадке партии груза для отправки на МБУ. В задачи оператора комплекса входит задание типа и количества необходимого груза в соответствии с заявкой,

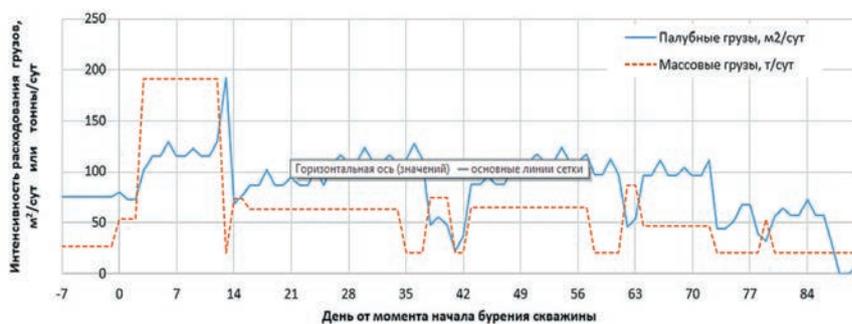


Рис. 3. Пример расчетной динамики расходования палубных и массовых грузов на буровой установке

пришедшей с МБУ, а также введение в систему пустой тары и обратных грузов, отходов бурения, доставляемых с МБУ. Остальные операции по перемещению и фиксации груза осуществляются в автоматическом режиме. Система управления комплексом интегрирована с ИСУ ТС судна, приборами контроля загрузки, посадки и остойчивости и позволяет отслеживать грузы и состояние загрузки в режиме реального времени, а также просчитывать варианты развития событий. Для минимизации необходимого количества тары, снижения стоимости ее аренды и экономии судовых пространств ПБО оснащено системой утилизации бурового шлама.

Устройство грузовых помещений ПБО позволяет перепрофилировать судно и изменить его назначение без проведения модернизационных работ.

Кроме того, в рамках работы исследованы факторы, влияющие на эффективность работы системы снабжения МБУ при использовании спроектированных объектов. Исследования проводились с помощью специализированной имитационной модели транспортно-технологической системы обеспечения разведывательно-

го бурения (рис. 4), созданной ООО «Бюро Гиперборея» совместно с ООО «Арктические Морские Технологии». Эта модель детально описывает в динамике взаимодействие морской буровой установки, плавучей базы обеспечения и вспомогательного судна обеспечения.

На возможность доставки требуемого количества грузов в установленные сроки влияет значительное число факторов: природные условия в точке бурения, ограничения на доступность грузовых терминалов МБУ и базы для выполнения грузовых операций, вместимости грузовых танков и площади хранения грузов на МБУ, вместимости грузовых пространств судна снабжения (включая грузовую палубу), длительности переходов судна снабжения, производительности грузовых операций судна снабжения, ПБО и МБУ по различным видам груза, количество грузов снабжения различных типов.

Для определения критериев доступности терминалов ПБО и МБУ с целью проведения швартовных и грузовых операций с судами обеспечения ООО «Арктические Морские Технологии» было выполнено моделиро-

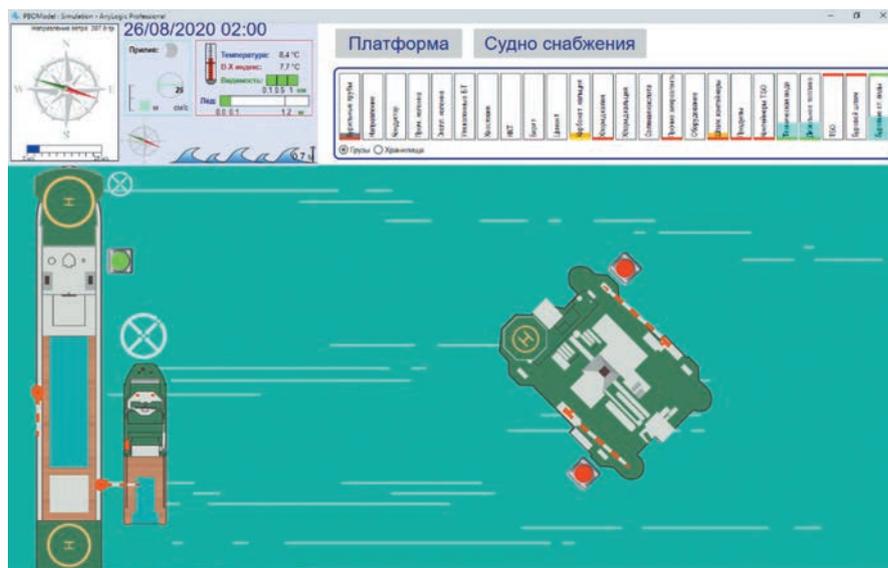


Рис. 4. Вид главного окна имитационной модели в процессе исполнения

вание работы судов при различных погодных и ледовых условиях в навигационном тренажере.

Для проведения экспериментов в тренажере были созданы математические модели спроектированных судов, а в качестве МБУ была принята плавучая полупогружная буровая установка («Полярная звезда», рис. 5).



Рис. 5. Работа автономного комплекса обеспечения

Созданный инструмент имитационного моделирования позволил сравнить два варианта конфигурации системы снабжения с точки зрения доступной площади палуб буровой установки: снабжение с удаленной базы и снабжение с ПБО (рис. 6).

Результаты имитационных экспериментов и экономических расчетов показали высокую эффективность системы снабжения с помощью ПБО. Рассмотренная конфигурация АКО буровых работ позволяет обеспечить своевременное снабжение буровой установки необходимыми грузами в заданных ветро-волновых и ледовых условиях с привлечением единственного судна снабжения. Снабжение буровой установки с использованием ПБО позволило почти вдвое снизить необходимую площадь хранения грузов на палубах МБУ по сравнению с вариантом снабжения с удаленной базы. Это обусловлено возможностью оперативной доставки грузов с ПБО на буровую установку. Применение ПБО также позволяет исключить риск критического заполнения грузовых пространств буровой установки обратными грузами.

Результаты технико-эксплуатационных исследований были подтверж-

дены экономическими расчетами, выполненными ООО «МТЦ».

Создание АКО позволяет значительно сократить количество и номенклатуру флота, требуемого для обеспечения поисково-разведочного бурения на любых лицензионных участках, независимо от их удаленности.

но и других организаций и ведомств, а именно:

- в качестве мобильных баз обеспечения безопасного судоходства на трассе СМП (СМТК);
- в качестве мобильных баз обеспечения строительства объектов береговой инфраструктуры в Арктике;

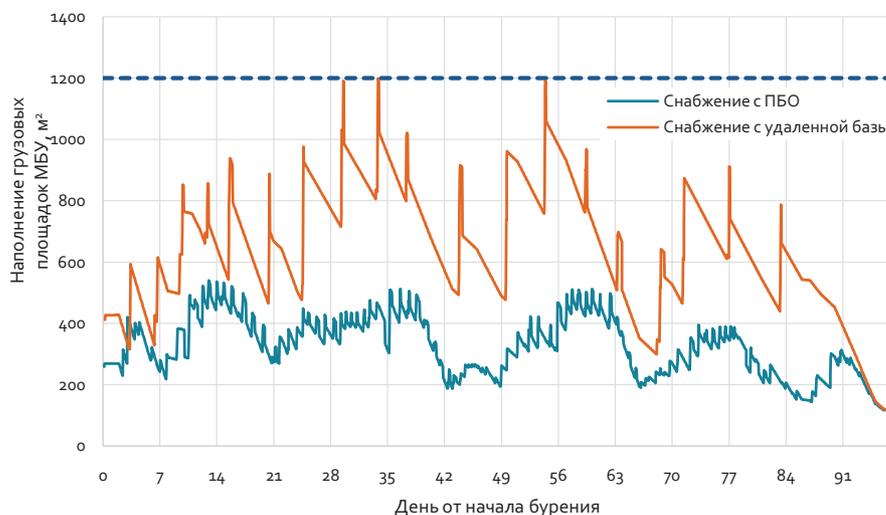


Рис. 6. Зависимость количества палубных грузов, не доставленных вовремя, от площади хранения на МБУ и варианта логистической схемы

Технические и эксплуатационные характеристики АКО и судов, входящих в его состав, а также функции, которые они способны выполнять, полностью обеспечивают деятельность МБУ в течение всего бурового сезона и ее доставку (буксировку) до/от точки бурения.

АКО и входящие в его состав суда могут быть использованы в интересах не только нефтегазовых компаний,

- для обеспечения северного завоза и повышения его эффективности;
- в качестве плавучего госпиталя вместимостью до 800 человек.

Таким образом, по мнению авторов проекта, предлагаемый АКО имеет большие перспективы применения в Арктике, а транспортно-логистическая система, построенная на его основе, имеет неоспоримые преимущества. ■

Круизы на речных судах во всех странах мира становятся популярнее с каждым годом. Расширяется их география, меняются подходы к предоставлению услуг на борту, модернизируются и строятся новые речные круизные пассажирские суда (РКПС) [1, 2]. Круизы по внутренним водным путям (ВВП) КНР, как и европейские, российские, египетские, американские и азиатские (р. Меконг), привлекают большое количество и «вездных», и местных туристов. В XXI в., особенно во втором десятилетии, произошло изменение подходов к проектированию таких судов – от копирования европейских к созданию собственных оригинальных решений.

Цель статьи – изучение флота китайских РКПС и особенностей круизов, определение и анализ применяемых технических решений с целью использования при проектировании новых РКПС для ВВП в европейских странах.

Масштабное судоходство на ВВП Китая имеет долгую историю, начинающуюся еще с древних времен. Китайские императоры использовали джонки как для передвижения по реке, так и в море [3]. Первое 17-метровое паровое грузовое судно на р. Янцзы «Lichuan» было построено в Шанхае британским бизнесменом Ридом в 1898 г. [4]. Первым речным круизным судном на р. Янцзы считается судно «Kunlun», которое было зафрахтовано в 1979 г. специально для круиза к трем ущельям. Активно речные круизы начали развиваться с 1983 г. Основными пассажирами были преимущественно китайские туристы [3]. Сейчас, после завершения строительства гидроузла «Три ущелья», р. Янцзы привлекает все большее количество иностранных туристов, в основном пенсионеров – до 90%.

По данным на 2018 г., на ВВП КНР работало 17 651 пассажирское судно общей пассажировместимостью 715,9 тыс. человек [5]. В это количество входили и круизные пассажирские суда, и прогулочные, и суда для линейных перевозок. В 2017 г. средний возраст пассажирского флота составил 10,6 лет [6]. В 2018 г. пассажиропоток составил 279,8 млн. человек [7]. В 2019 г. водным транспортом КНР было перевезено 272,7 млн. человек, пассажирооборот – 8,022 млрд чел.-км, общая пассажировместимость всех типов пассажирских судов составила 885,8 тыс. человек, при этом количество линейных пассажирских паромов продолжило сокращаться – 224 паром, которыми перевезено 73 млн. человек (в 2015 г., например, таких паромов было 310) [8].

К 2030 г. ожидается, что китайский рынок круизов (морской и речной) станет самым большим в мире – 8–10 млн. пассажиров. По данным Международной ассоциации круизных линий (Cruise Lines International Association) за 2018 г., Китай является лидером в круизном сегменте Азии с 4,24 млн. пассажирами, 70% всего пассажиропотока региона [9].

На 2019 г. протяженность судоходных водных путей в Китае – 127 300 км, из них с гарантированными габаритами судовых ходов – 66 700 км (рис. 1). Основными зарегулированными внутренними водными путями являются: река Янцзы – 64 825 км судоходный путей, Жемчужная река – 16 495 км, река Хэйлунцзян (Амур) – 8211 км, Великий Китайский Канал Пекин–Ханчжоу – 1438 км; р. Хуанхэ – 3533 км [8].

РЕЧНЫЕ КРУИЗНЫЕ СУДА КНР: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ КРУИЗОВ

А.Г. Егоров, канд. техн. наук,
ст. науч. сотрудник ООО «Морское инженерное бюро–СПб»,
контакт. тел. (812) 233 6403, 232 8538



Рис. 1. Карта внутренних водных путей КНР. Источник: [5]

Практически треть всего пассажиропотока приходится на речные порты: Чунцин (р. Янцзы, 6,86 млн. человек), Ичан (р. Янцзы, 1,8 млн. человек), Фошань (р. Жемчужная, 570 тыс. человек) и другие [5].

Особое значение имеют порты Чунцин и Ичан на р. Янцзы как основные китайские речные круизные порты (рис. 2), ежегодно, начиная с открытия плотины гидроузла «Три ущелья», более 400 000 пассажиров путешествует в круизах между Чунцином и Ичаном [11]. В 2017 г. круизный пассажиропоток по р. Янцзы вырос до 560 000 человек. Круизы выполняются с марта по декабрь.



Рис. 2. Наиболее популярная речная круизная линия в КНР Чунцин–Ичан. Источник: [10]

Помимо линии Чунцин–Ичан по р. Янцзы совершаются круизы по более длинному маршруту Чунцин–Шанхай, ранее были круизы Чунцин–Ухань. Если первый маршрут занимает 4 дня по течению и 5 дней против течения, длина маршрута – 648 км, то второй длится 15 дней, длина маршрута – 2644 км (рис. 3). Выполняются также однодневные круизы по гидроузлу «Три ущелья», вокруг Чунцина и Ичана [12].

Речные круизы, в классическом их понимании, на других китайских реках не особо распространены. Большинство круизов – однодневные либо прогулочные туры на несколько часов и являются частью больших экскурсионных туров. Наибо-



Рис. 3. Речная круизная линия Чунцин–Шанхай.
Источник: [12]

более популярен среди таких поездок круиз по р.Ли (Гуйцзян) из Гуйлина в Яншо (протяженность маршрута – 83 км, в среднем круиз длится 4 часа по течению, в обратном направлении круизы не выполняются (рис. 4) [13]. Однодневные круизы по р. Ли осуществляются на прогулочных судах уровня 3–5 звезд (разница в комфортабельности, количестве пассажиров на борту), а также на бамбуковых плотках [14].

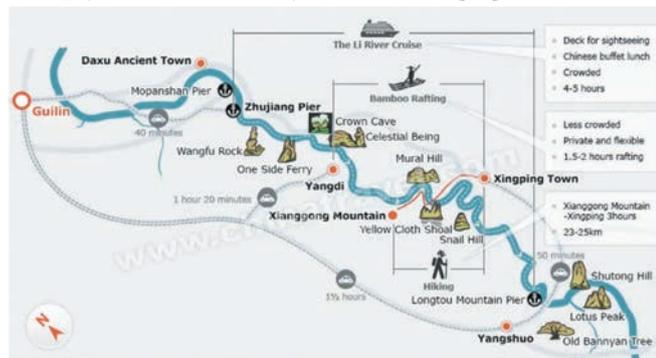


Рис. 4. Однодневный круиз по реке Ли. Источник: [14]

Общий вид типового круизного судна для однодневных прогулок по р. Ли приведен на рис. 5.



Рис. 5. Типовое круизное судно для однодневных прогулок по реке Ли. Источник: [14]

Не менее популярны водные прогулки по р. Хуанпу в Шанхае (рис. 6), по р. Жемчужная в Гуанчжоу, по озеру Сиху в Ханчжоу (самый южный город Великого Китайского Канала), а также по самому Великому Каналу (Сучжоу, Чанчжоу, Янчжоу – основные города) [13].

Китай планирует расширять географию речных круизов, к примеру, прорабатывается маршрут по р. Жемчужная от Гонконга через провинцию Гуандун (город Гуанчжоу), Учжоу до Гуйяна и Наньнина (рис. 7), по рекам Фучунь, Цяньтан и Синьань из Ханчжоу [15].

В период с 1987 по 2003 г. на ВВП КНР сократилась составляющая линейных пассажирских перевозок из-за массового строительства мостов и, соответственно, динамичного выбытия грузопассажирских и пассажирских паромов. В тот же период значительно снизился пассажиропоток по р. Янцзы из-за строительства и введения в эксплуатацию железнодорожных линий вдоль реки [5].

Начиная с 2004 г. пассажиропоток на реках Китая начал расти за счет развития речных круизов и привлечения «въезд-



Рис. 6. Прогулочные суда на реке Хуанпу. Шанхай.
Источник: [13]



Рис. 7. Перспективный маршрут на реке Жемчужная.
Источник: [5]

ных» туристов [5], что вполне соответствует общемировым трендам, например, более 60% всего речного круизного флота Европы построено уже в XXI в. [1]. В первую очередь, росту способствовало строительство гидроузла «Три ущелья» на р. Янцзы и принятие в рамках XI пятилетнего плана развития экономики КНР (2006–2010 гг.) решения о поддержке и развитии речного круизного судоходства [5]. Министерство транспорта выпустило «Национальный план стандартизации речных судов», в котором были указаны целевые показатели на 2010 и 2020 гг. С 2009 по 2013 г. Китай приступил к унификации речных судов на р. Янцзы, включая РКПС, были выделены средства на модернизацию систем обработки сточных вод на существующих РКПС [5]. Как итог, сейчас в эксплуатации нет ни одного РКПС на р. Янцзы для «въездных» туристов, построенного в прошлом веке – они все списаны, включая 3 РКПС пр. 302, построенного в 1991 г., которые изначально строились для российских ВВП, либо перестроены [16]. Все новые суда отвечают современным требованиям к экологичности, экономичности и комфортабельности. Размещения и осадка новых РКПС выбираются с учетом запущенного в эксплуатацию гидроузла «Три ущелья».

Конечно, были кризисные периоды – 2012–2013 гг. и 2015–2016 гг., когда речные круизы испытывали трудности по тем или иным причинам.

В 2012–2013 гг. отмечался переизбыток речного круизного флота, повлекший за собой резкое, до 50%, падение цен на речные круизы. В период с 2009 по 2013 г. было построено 16 новых РКПС большой вместимости для Янцзы. И это в дополнение к работавшим на то время 90 прогулочным и круизным судам и 200 скоростным пассажирским катерам. Кроме того, быстрый переход от линейных пассажирских сервисов к круизным отразился на качестве предоставляемых услуг, которые не дотягивали до международного уровня, а также на безопасности самих круизных судов: большинство судов строилось без учета требований международных конвенций [3, 11].

2015–2016 гг. характеризовались падением спроса более чем на 30% на речные круизы из-за трагедии с РКПС «Dong Fang Zhi Xing» («Восточная звезда») в июне 2015 г. на р. Янцзы (рис. 8).

Судно «Восточная звезда» с пассажирами на борту, находясь в рейс из Нанкина в Чунцин, практически мгновенно,



Рис. 8. Подъем затонувшего РКПС «Восточная звезда».
Источник: [17]

менее чем за 2 минуты, опрокинулось из-за сильного ветрового воздействия, 442 человека погибло, удалось спасти лишь 12 [18].

Китайское РКПС «Восточная звезда» – классическое стальное судно, с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с двойным дном. Построено в Китае в 1994 г. Габаритная длина – 76,5 м (62,0 м до размерной модернизации 1997 г.), ширина – 12,4 м, высота борта – 3,1 м, надводный габарит – 18,6 м, осадка – 2,16 м. На момент аварии судно имело все необходимые сертификаты и находилось в разрешенном районе плавания [18].

По результатам официального расследования, были ужесточены требования к речным круизным пассажирским судам, а также введен запрет на эксплуатацию этих судов на участке от Шанхая до Ичана [18]. С 2015 г. до 2021 г. РКПС работали исключительно на линии Чунцин–Ичан, в 2021 г. планируется возобновить круизы на линии Шанхай–Чунцин [12]. В 2016 г. было списано практически 50 старых круизных судов.

Уже к 2017 г. спрос на речные круизы восстановился и показывал свой рост, количество бронирований выросло на 40%. Значительный интерес туристы стали проявлять к РКПС ультра-люксового сегмента, которых на рынке Китая практически нет, в работе – всего одно судно «Yangzi Explorer» 2008 г. постройки, модернизированное в 2016 г. Результатом этого интереса стало создание компании «Star River Cruises», которая планирует выйти на местный рынок с 2022 г. со своим флотом [19].

В 2019 г. на Янцзы работало 34 РКПС международного уровня пассажироместимостью 10 406 человек, а также 18 РКПС стандартного (для местных туристов) уровня пассажироместимостью 4498 человек [15]. В 2020 г. было сдано в эксплуатацию еще одно РКПС «Victoria Sabrina» американской компании «Victoria Cruises» пассажироместимостью 572 человека.

Коронавирусная инфекция Covid-19 оказала сильнейшее влияние на речные круизы по р. Янцзы в прошлом году, учитывая, что Ухань находится в непосредственной близости к основному туристическому маршруту Чунцин–Ичан, 7 РКПС стандартного уровня было направлено в Ухань в качестве плавучих отелей для врачей [20, 21]. Все круизы были отменены, полноценное восстановление ожидается уже в 2021 г., разработаны рекомендации по предупреждению распространения инфекции на борту круизных судов [22].

Основными круизными компаниями, обслуживающими, в том числе, «въездных» туристов на р. Янцзы и оперирующими РКПС международного уровня, являются: «Century Cruises», «Changjiang Cruises», «China Goddess Cruises», «President Cruises», «Victoria Cruises», «Yangtze Gold Cruises», «Sanctuary Yangzi Explorer» [16].

Отдельно стоит отметить строительство самого мощного в мире полностью электрического речного пассажирского судна «Yangtze River Three Gorges 1» для однодневных круизов в районе гидроузла «Три ущелья», включая возможность подъема / спуска на судоподъемнике (рис. 9).



Рис. 9. Общий вид самого мощного в мире полностью электрического речного пассажирского судна «Yangtze River Three Gorges 1» для однодневных круизов.
Источник: [23]



Судно планируется сдать в эксплуатацию осенью нынешнего года. На «Yangtze River Three Gorges 1» установлены аккумуляторные батареи китайской компании CATL (Contemporary Ampere Technology Co., Limited) суммарной мощностью 7,5 МВт·ч. В установку входит более 10 000 литий-железо-фосфатных батарей. Предусмотрены также температурные датчики, контролирующие перегрев элементов. Источник заряда аккумуляторных батарей – энергия, вырабатываемая гидроэлектростанцией гидроузла «Три ущелья» [23]. В 2019–2020 гг. были сданы в эксплуатацию прогулочные суда на батареях CATL: «Marine Cruise 12909» (первое электрическое судно на р. Янцзы), «Guanjutai» (на озере Канас, Синьцзян, рис. 10), на Великом Китайском Канале в Сучжоу (рис. 11), на р. Жемчужная в Гуанчжоу (рис. 12), для Провинции Фуцзянь, порт Сямэнь (рис. 13).



Рис. 10. Общий вид прогулочного судна «Guanjutai», работающего на аккумуляторных батареях, на озере Канас, 2019 г. постройки. Источник: [23]

Отсутствие низких мостов и линий электропередач на участке Шанхай–Чунцин позволяет проектировать и строить китайские РКПС с надводным габаритом больше 20 м, что значительно превышает аналогичный параметр на российских и европейских РКПС. Появляются дополнительные палубы и площади, которые так необходимы для речных круизных судов в условиях ограниченной длины и ширины. Стандартные главные размерения типовых речных судов для различных участков ВВП КНР прописаны в Национальном стандарте GB 38030–2019 [24].

«Звездность» на китайских РКПС назначается в соответствии с Национальным стандартом GB/T 15731–2015, это его



Рис. 11. Общий вид прогулочного судна, работающего на аккумуляторных батареях, в Сучжоу на Великом Китайском Канале, 2020 г. постройки. Источник: [23]



Рис. 12. Общий вид прогулочного судна, работающего на аккумуляторных батареях, на реке Жемчужная в Гуанчжоу. Источник: [23]



Рис. 13. Общий вид прогулочного судна в порту Сямьнь, работающего на аккумуляторных батареях. Источник: [23]

третья редакция, первая была принята в 1995 г., вторая – в 2008 г. Все пассажирские суда, находящиеся в круизе более 24 часов и работающие на ВВП КНР, обязаны соответствовать этому стандарту который регламентирует назначение круизному судну звезд: от 1 до 5 [25]. Все современные китайские РКПС для «въездных» туристов выполняют требования стандарта на «звездность» 4 и 5, но 5* в определении стандарта GB/T 15731–2015 – это не европейские 5*, поэтому многие ведущие круизные компании еще на этапе проектирования новых судов и создания дизайн-проекта уделяют особое внимание мировым тенденциям в речных круизах люксового сегмента. Как итог – появляются суда со звездностью 5+*, которые учитывают особенности китайского региона (восточные мастер-классы, курсы каллиграфии, тайцзи и традиционной китайской медицины, отдельные вип рестораны и лаунж-зоны, комнаты для игры в маджонг, китайское караоке KTV, лекции об истории и культуре КНР, китайские элементы в интерьерах).

Речные круизные суда в Китае строят под наблюдением инспекционного органа ZC (Zhongguo Chuanjian) Управления по безопасности мореплавания в соответствии с Руководством об обязательном освидетельствовании судов внутреннего плавания [26]. При этом нет необходимости согласовывать проект и получать одобрение китайского классификацион-

ного общества – CCS (China Classification Society). Только по желанию судовладельца возможен такой шаг, в этом случае речное круизное судно будет строиться в соответствии с Правилами CCS для морских судов [27]. В последние годы инспекционный орган ZC часто нанимает CCS для проведения освидетельствований [28], но в результате судно все равно получает Сертификат освидетельствования, а не классификационные документы CCS [29]. При освидетельствовании речного судна под наблюдением ZC назначается район плавания (А – расчетная значительная высота волны 5%-ной обеспеченности $H_s \leq 2,0$ м, В – $0,5 \text{ м} < H_s \leq 1,25$ м, С – $H_s \leq 0,5$ м) и разрешенный участок с быстрыми течениями (без разрешения – участки со скоростью течения $V \leq 3,5$ м/с, $J_1 - 5,0 \text{ м/с} < V \leq 6,5$ м/с, $J_2 - 3,5 \text{ м/с} < V \leq 5,0$ м/с) [26]. Для работы по р. Янцзы от Шанхая до Чунцина требуется район плавания А (район В – для круизов между Чунцином и Ичаном) и возможность работы на скоростных участках J_2 [18].

Классификационное общество CCS, входящее в МАКО, в 2017 г. выпустило Правила для круизных судов с дополнительными символами класса [30]. Распространяются они только на морские круизные и грузопассажирские суда, но подход достаточно современный, увязывающий безопасность, комфортабельность и звездность круизов с проектированием. Для внесения в класс судна символа Cruise судно, помимо требований основных Правил CCS по проектированию морских судов [27], должно отвечать требованиям гл. 2 (корпус), гл. 3 (пожарная безопасность) и гл. 4 (другие требования) Правил для круизных судов [30].

Для круизных судов длиной свыше 90 м должны быть выполнены дополнительные расчеты общей продольной и местной прочности. Конструктивные элементы назначают с учетом результатов этих расчетов. Для круизных судов длиной свыше 150 м должны также быть выполнены прямые расчеты прочности как всего их корпуса, так и местной прочности, а также расчеты усталостной, предельной и остаточной прочности. В Правилах приведены рекомендуемые методики для расчетов [30].

Раздел по пожарной безопасности Правил для круизных судов выставляет дополнительные к основным Правилам [27] требования к средствам контроля дыма, вентиляционной системе в помещениях со скоплением людей и больших помещениях (высота помещения более 8 м – атриумы, театры и т.п. или площадь помещения более 500 м² с высотой более 3 м – кафе, рестораны, танцевальные площадки и т.п.). Должны быть выполнены анализ эвакуации и расчеты по безопасному возвращению судна в порт в соответствии с требованиями МК SOLAS [30].

В разделе 4 Правил для круизных судов приводятся дополнительные требования к остойчивости и мореходности, спасательным устройствам, мерам безопасности на борту, пассажироместности, вибрации и шуму, минимальному набору помещений для отдыха пассажиров, освещению в различных помещениях [30].

Символы класса круизного судна CEDI (O_x, C_x, F_x) и SEDI (x) определяются и вносятся в класс на основании выполнения требований гл. 5 и гл. 6 Правил соответственно [30]. CEDI (Cruise Experience Design Index) – конструктивный коэффициент качества круиза; O_x – характеристика пассажироместности; C_x – характеристика комфортабельности круиза; F_x – характеристика отдыха пассажира; x – конструктивная звездность круизного судна (3–5*, назначаются на этапе проектирования); SEDI (Sanitation E(Insurance Design Index) – конструктивный санитарный коэффициент. Если не выполняются условия для конструктивной звездности 3*, то в символе класса эта характеристика не ставится, например, CEDI (C_3, F_4) [30].

При назначении характеристики пассажироместности O_x определяются такие параметры, как удельная валовая

вместимость (на одного пассажира), минимальная площадь пассажирской каюты, соотношение количества пассажиров к экипажу. Характеристика комфортабельности круиза S_x состоит из таких составляющих: максимальный уровень шума в пассажирских помещениях, уровень звукоизоляции в различных помещениях, уровень вибрации в различных помещениях, температурные режимы и их настройка в различную погоду, относительная влажность, циркуляция воздуха, вентиляция помещений и воздухообмен. Характеристика отдыха F_x учитывает различные требования к составу, структуре и расположению общественных помещений. Требования к назначению конструктивного санитарного коэффициента SEDI (x) по своей логике близки к требованиям Санитарных правил [30].

В американском классификационном обществе ABS (тоже член МАКО), например, есть возможность с 2015 г. внести в класс пассажирских судов символы COMF и COMF+, отражающие только уровень комфортабельности судна на основании расчетов шума, вибрации, микроклимата и освещения [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К 2030 г. ожидается, что китайский рынок круизов (морской и речной) станет самым большим в мире – 8–10 млн. пассажиров. По данным Международной ассоциации круизных линий за 2018 г., Китай является лидером в круизном сегменте Азии с 4,24 млн. пассажирами, 70% всего пассажиропотока региона. Активно речные круизы начали развиваться с 1983 г. Основными пассажирами были преимущественно китайские туристы. Сейчас, после завершения строительства гидроузла «Три ущелья», р. Янцзы привлекает все большее количество иностранных туристов, в основном пенсионеров – до 90%. Ежегодно более 0,5 млн. человек путешествует в круизах по этой реке.

Основной речной круизной линией в Китае является Чунцин–Ичан, совершаются круизы Чунцин–Ухань. Выполняются также однодневные круизы по гидроузлу «Три ущелья», вокруг Чунцина и Ичана. Речные круизы, в классическом их понимании, на других китайских реках не особо распространены. Большинство круизов – однодневные либо прогулочные туры на несколько часов и являются частью больших экскурсионных туров. Китай планирует расширять географию речных круизов, к примеру, прорабатывается маршрут по р. Жемчужная от Гонконга через провинцию Гуандун (город Гуанчжоу), Учжоу до Гуйгана и Наньнина, по рекам Фучунь, Цяньтан и Синьань из Ханчжоу.

Основными круизными компаниями, обслуживающими «вездных» туристов на реке Янцзы и оперирующими РКПС международного уровня, являются: «Century Cruises», «Changjiang Cruises», «China Goddess Cruises», «President Cruises», «Victoria Cruises», «Yangtze Gold Cruises», «Sanctuary Yangzi Explorer». В 2019 г. на р. Янцзы работало 34 РКПС международного уровня пассажироместимостью 10 406 человек, а также 18 РКПС стандартного (для местных туристов) уровня пассажироместимостью 4498 человек.

Отсутствие низких мостов и линий электропередач на участке Шанхай– Чунцин позволяет проектировать и строить китайские РКПС с надводным габаритом больше 20 м, что значительно превышает аналогичный параметр на российских и европейских РКПС. Появляются дополнительные палубы и площади, которые так необходимы для речных круизных судов в условиях ограниченной длины и ширины.

Звездность на китайских РКПС назначается в соответствии с Национальным стандартом GB/T 15731-2015. По факту, 5* в соответствии со Стандартом GB/T 15731–2015 – это не европейские 5*, поэтому многие ведущие круизные компании еще на этапе проектирования новых судов и создания дизайн-проекта уделяют особое внимание мировым тенденциям в речных круизах люксового сегмента.

Речные круизные суда в Китае строятся под наблюдением инспекционного органа ЗС Управления по безопасности мореплавания в соответствии с Руководством об обязательном освидетельствовании судов внутреннего плавания. При этом нет необходимости согласовывать проект и получать одобрение CCS. При освидетельствовании речного судна под наблюдением ЗС назначается район плавания и разрешенный участок с быстрыми течениями. Для работы по р. Янцзы от Шанхая до Чунцина требуется использование скоростных участков со скоростью течения до 5,0 м/с и район плавания А (расчетная значительная высота волны 5% обеспеченности до 2,0 м), для круизов между Чунцином и Ичаном – район В (высота волны до 1,25 м).

CCS разработаны Правила для внесения в класс круизных судов дополнительных символов. Распространяются они только на морские круизные и грузопассажирские суда, но подход достаточно современный, увязывающий безопасность, комфортабельность и звездность круизов с проектированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Егоров А.Г.* Развитие европейского флота и рынка речных круизов // *Морской вестник*. – 2020. – №3(75). – С.21–26.
2. *Егоров А.Г.* Речные круизные пассажирские суда: инновационные решения и их применимость при конверсии // *Вестник ОНМУ*. – Одесса: Изд. ОНМУ, 2018. – Вып. 4 (57). – С. 23–52.
3. *Qiyang Zheng.* Crisis Management, Tourism and the Three Gorges Dam, China. PhD Thesis. – University of Central Lancashire. – Preston, 2015. – 416 p.
4. Сайт «MyYangtzeCruise». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.myyangtze.com/development-history-of-three-gorges-cruise-ships_12579_c/ (дата обращения 20.01.2021).
5. *Bernard Aritua, Lu Cheng, Richard van Liere, Harrie de Leijer.* Blue Routes for a New Era: Developing Inland Waterways Transportation in China (International Development in Focus). – Edited by the World Bank. - Washington, DC, 2020. – 147 p.
6. Сайт «Научно-исследовательского института водного транспорта КНР». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wti.ac.cn/> (дата обращения 20.01.2021).
7. Сайт «CEICdata». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ceicdata.com/en/china/waterway-passenger-traffic> (дата обращения 20.01.2021).
8. Сайт «Правительства КНР». Statistical Bulletin on the Development of the Transportation Industry in 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gov.cn/xinwen/2020-05/12/content_5510817.htm (дата обращения 20.01.2021).
9. Сайт «Xinhuanet». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.xinhuanet.com/english/2019-06/16/c_138146520.htm (дата обращения 20.01.2021).
10. Сайт «Yangtze». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.yangtze.com/holiday/3-night-cruise/> (дата обращения 20.01.2021).
11. Сайт «The New York Times». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nytimes.com/2015/06/03/world/asia/china-cruise-ship-capsizing-highlights-yangtze-dangers.html> (дата обращения 20.01.2021).
12. Сайт «Century River Cruises». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.centuryrivercruises.com/en/it-cx.html> (дата обращения 20.01.2021).
13. Сайт «Into China Travel». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.intochinatravel.com/top-4-river-cruises-in-china/> (дата обращения 20.01.2021).
14. Сайт «China Travel». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.chinatravel.com/guilin-attraction/li-river/> (дата обращения 20.01.2021).
15. Сайт «Sina». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://finance.sina.com.cn/chanjing/cyxw/2020-08-06/doc-iivhuipn7091649.shtml> (дата обращения 20.01.2021).
16. Сайт «Yangtze». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.yangtze.com/cruise-ships/> (дата обращения 20.01.2021).
17. Сайт «News.cn». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.cn/> (дата обращения 20.01.2021).
18. Сайт «Sina». Investigation report on the sinking of the Eastern Star passenger ship (full text). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://news.sina.com.cn/c/2015-12-30/181432681495.shtml> (дата

- обращения 20.01.2021).
19. Сайт «Travel weekly China». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.travelweekly-china.com/73993> (дата обращения 20.01.2021).
 20. Сайт «Xinhuanet». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.xinhuanet.com/english/2020-01/23/c_138729558.htm (дата обращения 20.01.2021).
 21. Сайт «China Today». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.chinatoday.com.cn/ctenglish/2018/hotspots/kjq/202002/t20200222_800194096.html (дата обращения 20.01.2021).
 22. Сайт «Travel weekly China». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.travelweekly-china.com/82637> (дата обращения 20.01.2021).
 23. Сайт «CATL». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.catl.com/news/681.html#:~:text=宁德时代“江三”注入新力,-2020-12-24&text=近日,全球量最大的,最高的客船。> (дата обращения 20.01.2021).
 24. National Standard GB 38030–2019, ICS 47.060. Dimensions series of standard transport ship types passing the locks of inland rivers (in 5 parts). – China, 2019.
 25. National Standard GB/T 15731-2015, ICS 03.200. Star-rating standard for river cruises. – China, 2015. – 65 p.
 26. Rules for Statutory Inspection of Ships and Offshore Equipment – Technical Regulations for Statutory Inspection of Inland Ships: effective from June 1, 2020.– Beijing, China: Maritime Safety Administration, 2019. – 537 p.
 27. Rules for Classification of Sea-Going Steel Ships (with 2017, 2018, 2019, 2020 Amendments). – Beijing, China: China Classification Society, 2015.
 28. Guidelines for Statutory Surveys of Inland Waterway Ships: effective from July 1, 2015 (в 9 частях). – Beijing, China: China Classification Society, 2015.
 29. Сайт «Falvbangzhu». The difference between ZC and CCS. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.falvbangzhu.com/zhishi/37486.html> (дата обращения 20.01.2021).
 30. Rules for Cruise Ships: effective from January 1, 2017. – Beijing, China: China Classification Society, 2017. – 64 p.
 31. Guide for Passenger Comfort on Ships. – Houston, USA: American Bureau of Shipping, 2014. – 61 p. ■

ГЛАВНОЕ ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ 2021

21-24 СЕНТЯБРЯ
РОССИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

НЕВА 2021

16-я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ГРАЖДАНСКОМУ СУДОСТРОЕНИЮ,
СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ,
ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

Контакты:
По вопросам участия
в выставочной экспозиции:
тел.: +7 (812) 321-26-76
Электронная почта: info@nevainter.com

Вопросы повышения качественно-го уровня инженерно-технического обеспечения строительства, обслуживания и использования внутрипромысловых и магистральных подводных трубопроводов – ключевого сегмента морского сектора нефтегазовой отрасли – имеют особую актуальность. Эффективное решение этих вопросов – залог успешного обустройства морских нефтегазовых месторождений.

Первые подводные трубопроводы, построенные путем протаскивания по дну моря труб диаметром до 4 дюймов на расстоянии 2,5–3,0 км, были введены в эксплуатацию еще в 1938–1940 гг. на Каспийском море.

Впоследствии для строительства более протяженных подводных трубопроводов был внедрен метод последовательного наращивания труб с киржимов (маломерные плавучие сооружения катамаранного типа). Так были построены на глубинах до 11 м магистральные трубопроводы диаметрами 4” и 6” длиной до 22 км и сотни километров внутрипромысловых подводных трубопроводов.

В связи с открытием крупных месторождений возникла необходимость в строительстве подводных трубопроводов из труб диаметром до 400 мм, длиной в несколько десятков километров на рабочее давление до 100 атм при глубинах моря до 25 м. В НИПИ «Гипроморнефть» были разработаны способ и технические средства для строительства около 200 км магистральных трубопроводов методом свободного погружения с предварительной буксировкой плетей, заготовленных на береговой монтажно-сборочной площадке. Сварка стыков прибуксированных плетей длиной до 2 км с уже уложенной плетью проводилась на 40-тонном крановом судне в люльке, подвешенной у борта. По мере наращивания (стыковки) плетей последние плавно опускались на дно.

По мере освоения глубоководных месторождений были внедрены новые технологии укладки подводных трубопроводов с использованием специализированных трубоукладочных барж, введены завод по обетонированию труб и цех по антикоррозионной изоляции. Новые технологии обеспечили возможность укладки подводных трубопроводов любой протяженности диаметрами до 800 мм при глубинах моря до 200 м [1].

За последние годы роль подводных трубопроводов в экономике нефтегазодобывающих стран резко возросла. Трубопроводный транспорт активно влияет на формирование и развитие топливно-энергетического комплекса нефтегазодобывающих стран, обеспечивая не только перекачку морских углеводородов на берег, но и транспортировку энергоресурсов на экспорт в страны ближнего и дальнего зарубежья.

В современной России успешно реализованы газопроводные мегапроекты «Голубой поток», «Северный поток», «Турецкий поток».

«Голубой поток» является уникальным по целому ряду технических параметров, прежде всего глубине укладки, с учетом сейсмических условий, агрессивности морской среды, топографии морского дна.

В рамках проекта «Голубой поток», предназначенного для транспортировки газа из России в Турцию через акваторию Черного моря, предусматривалась укладка самого глубоководного трубопровода в мире под 2150-метровой толщей воды. В 2001–2002 гг. в соответствии с проектом были проложены две нитки 24-дюймовых труб с толщиной стенок в 31,8 мм.

Антикоррозионная защита внутренней и наружной поверхностей трубопровода от агрессивного воздействия сероводородной среды Черного моря обеспечивается специальным синтетическим покрытием из полипропилена.

ПЛАВУЧИЕ ТРУБОУКЛАДОЧНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

ЧАСТЬ 1

Р.Н. Караев, канд техн. наук, почетный доктор СПбГМТУ, контакт. тел. +7(994) 50 210 9269

Подводная укладка около 320 км труб осуществлялась на глубинах, превышающих 1000 м, и более 200 км труб на глубинах превышающих 2000 м с использованием полупогружной краново-монтажной трубоукладочной установки «Saipem-7000».

Средняя производительность работ составляла 3000 м/сут, а на отдельных участках она достигала 4800 м/сут. Повышенная производительность трубоукладочных работ была обусловлена полным исключением непроизводительных простоев, т.е. остановки трубоукладочного процесса и необходимости при этом оставления труб на дне моря или их подъема вследствие неблагоприятных погодных условий.

В процессе работ была достигнута достаточно высокая точность укладки труб в экстремальных условиях. При шторме с высотой волн 7–8 м (когда работа любого обычного трубоукладчика приостанавливается) «Saipem-7000» продолжал функционировать в обычном производственном ритме, сохраняя вдоль трассы боковую точность укладки, не выходящую за пределы +/- 2–3 м. В течение всего рабочего периода отмечались умеренные амплитуды относительных перемещений труб и шарнирно-подвижных опор трубоукладочной ramпы, обеспечивших «Saipem 7000» возможность манипулирования трубами в беспокойном море.

Этот результат был достигнут путем точных расчетов перемещений установки вдоль трассы укладки одновременно с чрезвычайно точным мониторингом укладочных параметров (натяжения, реакции шарнирных опор, напряженного состояния трубы) в режиме реального времени с использованием специальной системы динамического позиционирования.

Достижения «Голубого потока» были превзойдены при реализации проекта «Северный поток», предусматривающего укладку двух параллельных ниток по дну Балтийского моря.

Особенностями проекта «Северный поток» являются:

- длина – это самый протяженный подводный трубопровод (длина каждой нитки – чуть более 1230 км);
- большой диаметр – на дне моря впервые в практике трубопроводного строительства уложена труба диаметром 1200 мм;
- сложная топография, особенно в восточной части Балтики в Финском заливе, где дрейфующие ледяные глыбы (стамухи) оставили в этом районе глубокие подводные траншеи, идущие с севера на юг перпендикулярно трассе газопровода, в силу чего донные течения могут вызвать мощную вибрацию трубопроводной плети и даже размывать грунт, увеличивая пролет (ширину траншеи) и делая трубопровод чрезмерно уязвимым;
- толщина трубных секций в пределах 41–26,8 мм;
- средняя скорость трубоукладки 2–7 км в день;
- количество стыков – 199 755 стыков;
- защита трубопровода: внутренняя антифрикционная – эпоксидное покрытие; внешняя-полиэтиленовое покрытие.

Срок надежной эксплуатации «Северного потока» гарантируется на 50 лет, при этом предусматриваются внутренняя и внешняя инспекции.

Внешний контроль трубопровода обеспечивается акустическим и электромагнитным способами. Для контроля внутреннего состояния газопровода используется так называемый интеллектуальный поршень, фиксирующий малейшее изме-

нение внутреннего состояния трубы. Длина поршня – 7 м, скорость хода $V = 1,5$ м/с. Время прохождения расстояния в 1224 км – 10 дней.

Завершение строительства трубопровода «Северный поток -2» планировалось на конец 2019 г., но в декабре 2019 г. в соответствии с санкциями США швейцарская компания «Allseas», осуществляющая трубоукладочные работы, отозвала все суда, задействованные в этом проекте и прекратила укладку трубопровода.

Оставшаяся часть не уложенного трубопровода протяженностью порядка 160 км стала камнем преткновения, и запланированный пуск трубопровода «Северный поток-2» оказался сорван.

Для достройки трубопровода решено было использовать краново-монтажное трубоукладочное судно «Академик Черский» (рис. 1), принадлежащее ООО «Газпромфлот», при этом на трубоукладчике «Академик Черский» провели ряд работ, связанных с установкой современного сварочного оборудования, модернизацией технологической линии и т.п.



Рис. 1. Общий вид трубоукладочного судна «Академик Черский»

Однако из-за продолжающегося беспрецедентного давления США на Европу классификационный орган DNV GL не выдал судну сертификат классификационного свидетельства, и, как следствие, оно не было допущено к завершению укладки труб. Последующие шаги были направлены на возможность использования российской трубоукладочной баржи «Fortuna» с якорной системой позиционирования (рис. 2) в мелководной зоне Германии и Дании.



Рис. 2. Общий вид трубоукладочной баржи «Fortuna»

Принимая во внимание чрезмерную актуальность данного вопроса, с целью снижения влияния конъюнктурных рисков Россия как мировая морская держава, как страна, обладающая гигантскими запасами углеводородов на шельфе, для поддержания инновационной и деловой репутации могла бы располагать современным высокопроизводительным трубоукладочным плавсредством, способным обеспечивать как укладку, так и техническую эксплуатацию (использование, обслуживание и ремонт) глубоководных трубопроводов. Тем самым значительно повысится конкурентоспособность российских компаний и сократится технологическая зависимость от зарубежных компаний.

Реализованный в 2020 г. проект «Турецкий поток» включает две нитки газопровода мощностью 15,75 млрд. м³ в год

каждая (суммарная мощность 31,5 млрд. м³) с возможностью расширения до 4 ниток на мощность в 3 млрд. м³.

Первая нитка газопровода, предназначена для поставок газа турецким потребителям, вторая – для газоснабжения стран Южной и Юго-Восточной Европы. Для укладки газопровода были использованы трубы, прошедшие термическую обработку, диаметром 810 мм и весом около 9 т каждая, изготовленные из марганцево-углеродистой стали толщиной 39 мм. «Турецкий поток» уложен на глубину более 2 км.

Обеспечение высокой степени надежности и безопасности строительства и эксплуатации подводных трубопроводов (внутрипромысловых и магистральных) является залогом стабильного функционирования подводного трубопроводного транспорта и, следовательно, устойчивого развития топливно-энергетического комплекса страны.

Немаловажное значение при этом имеет процесс сертификации техники и технологии укладочных работ, обеспечивающей необходимый уровень надежности и безопасности. Признанным мировым лидером в сертификации подводных трубопроводных проектов является Норвежский классификационный орган DNV, на стандарты которого ориентируются многие зарубежные фирмы, а также российские производители трубной продукции.

Нормативные документы этого органа (DNV-OSF101), разработанные для подводных трубопроводов, позволяют осуществлять проектирование и техническую эксплуатацию подводных трубопроводных коммуникаций не на основе прошлого эмпирического опыта, а на базе полноценного научно-инженерного подхода.

Сертификационная деятельность DNV охватывает все три взаимосвязанных между собой этапа: проектирование, производство стали, труб и арматуры, а также процесс укладки. После каждого пройденного этапа составляется подробный отчет, и впоследствии сам трубопровод получает сертификат DNV. Главный критерий сертификации – обеспечение надежной и безопасной эксплуатации. Именно поэтому проектировщики зачастую идут по пути увеличения толщины стенок подводных трубопроводов. В этом плане достаточно отметить, что толщины трубных секций, из которых сформированы подводные трубопроводы «Северный поток» и «Турецкий поток», сопоставимы с толщиной танковой брони.

Планомерное, качественное проведение технического обслуживания и ремонта подводных трубопроводов – один из важных факторов, предопределяющих возможность длительной безаварийной эксплуатации этих сооружений в течение всего срока службы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАВУЧИХ ТРУБОУКЛАДОЧНЫХ ПЛАВСРЕДСТВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

Наиболее прогрессивным способом, широко применяемым в мировой практике в процессе обустройства месторождения, является укладка подводного трубопровода с плавучих средств [2].

Плавучие трубоукладочные средства классифицируются по следующим признакам:

- по типу укладываемых трубопроводов (магистральные, внутрипромысловые);
- по способу хранения и транспортировки труб (в виде плавучего каравана в штабелях, в барабанах, в бухтах);
- по архитектурно-конструктивному типу (баржи с упрощенными обводами, однокорпусные суда, полупогружные установки);
- по средствам движения (самоходные, несамоходные);
- по способу позиционирования (якорные, динамические системы);
- по конструкции опорно-спускового устройства (стингер, вертикальная рампа, направляющий желоб).

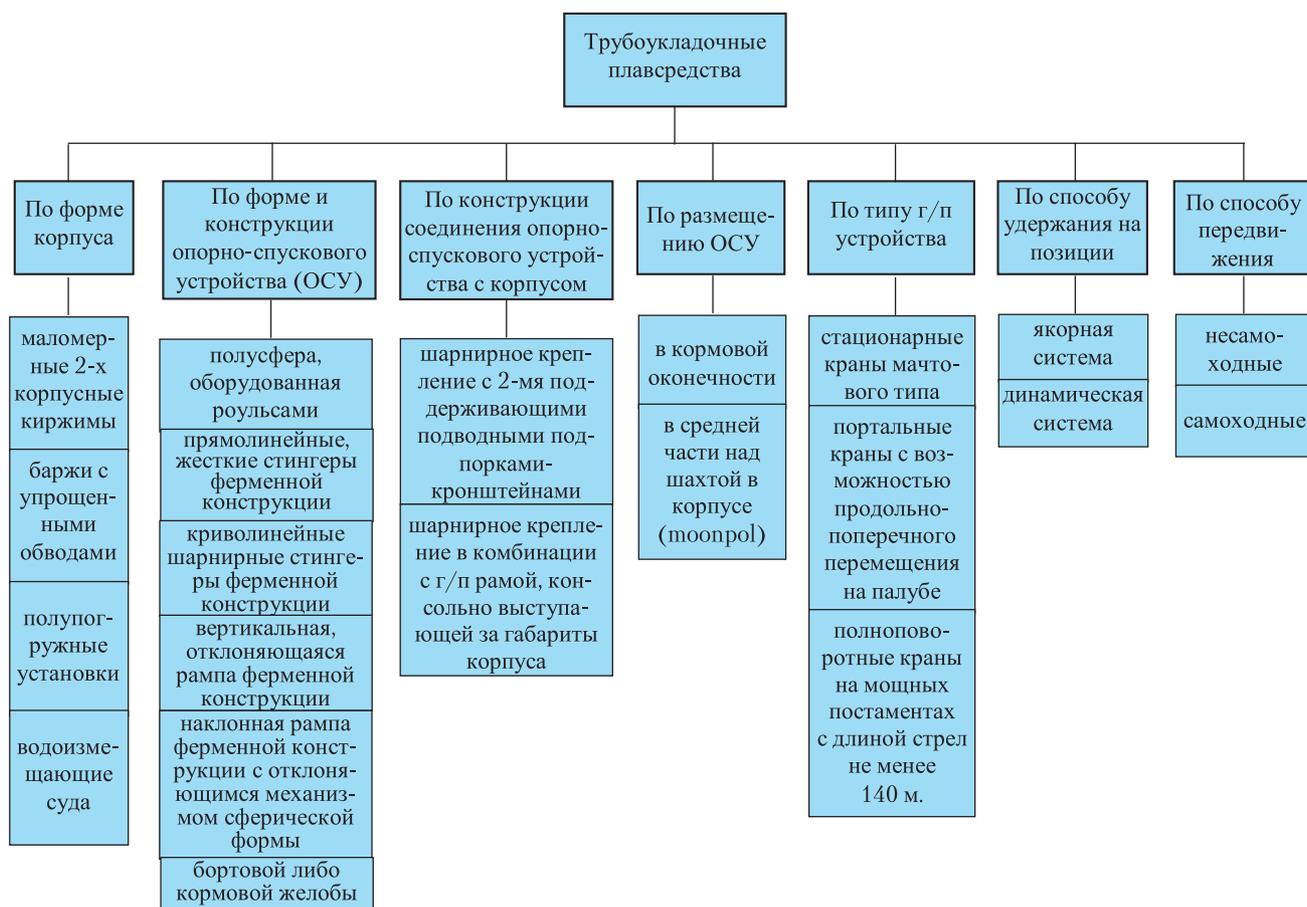


Рис. 3. Классификация трубоукладочных плавсредств по конструктивным признакам

К трубоукладочным плавсредствам предъявляется широкий комплекс технических и эксплуатационных требований. Их конструкция, судовое и технологическое оборудование и системы должны обеспечивать:

- сохранность укладываемого трубопровода, не допуская его повреждения в процессе укладки;
- минимальное отклонение от курса движения на всем протяжении трассы укладываемого трубопровода независимо от изменяющихся гидрометеорологических условий;
- высокую производительность, позволяющую снизить стоимость трубоукладочных работ;
- механизацию тяжелых и трудоемких вспомогательных операций, связанных с укладкой.

Техническая эволюция непрерывного качественного изменения трубоукладочных плавсредств объясняется, с одной стороны, необходимостью ведения работ в более тяжелых гидрометеорологических условиях и на больших глубинах моря, а с другой – увеличением диаметра и протяженности трубопроводов, которые регламентируются возможностями методов укладки подводных коммуникаций. В мировой практике различают три основных метода строительства подводных трубопроводов:

а) метод сборки и сварки участков трубопроводов различной протяженности на берегу с последующей транспортировкой на место укладки с помощью буксирных судов;

б) метод последовательной сборки и сварки трубных секций на палубе трубоукладчиков непосредственно на месте укладки;

в) метод сматывания трубопровода, предварительно собранного на берегу, с барабана, установленного на судне.

Каждый из этих методов, имеющий свои характерные преимущества и недостатки, реализуется на практике различными способами, использующими достаточно разнообразную трубоукладочную технику.

Первый метод (а), предусматривающий транспортировку полностью или частично собранного на берегу трубопровода, может осуществляться способами:

- придонной буксировки-протягиванием труб по дну;
 - буксировки над дном, на средней глубине, известной за рубежом под названием «контролируемой глубины»;
 - поверхностной буксировки, известной в отечественной практике под названием «способ свободного погружения».
- Практическая реализация двух последних методов (б) и (в) обеспечивается с помощью специализированных трубоукладочных плавсредств.

Современные технологии укладки морских трубопроводов предусматривают использование разнообразных плавсредств, в том числе:

- традиционных трубоукладочных барж, осуществляющих укладку трубопровода на дно моря по S-образной кривой;
- полупогружных трубоукладочных установок, обеспечивающих укладку трубопровода по S- и J-образным кривым;
- судов с системой динамического позиционирования, обеспечивающих укладку трубопровода по S- и J-образным кривым.

На рис. 3 представлена классификация трубоукладочных плавсредств.

Одним из важных конструктивных элементов трубоукладочных плавсредств являются опорно-спусковые устройства, обеспечивающие снижение напряжений в трубопроводе при его укладке [2, 3].

В процессе укладки трубопровода на небольшие глубины, когда чрезмерные напряжения в трубопроводе при сходе с технологической линии не возникают, необходимости в использовании опорно-спускового устройства нет. Роль последнего выполняет наклонная роульганговая линия, которая наряду со сваркой труб в плети, обеспечивает плавный сход трубопровода с кормы плавсредства.

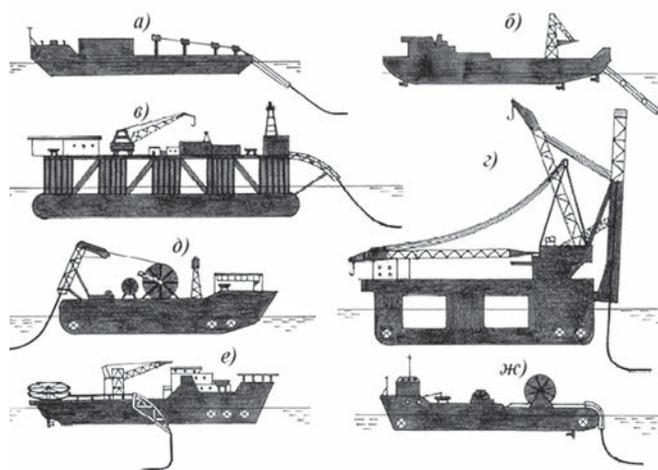


Рис. 4. Силуэты различных типов трубоукладчиков:
а – *несамоходная баржа*; *б* – *переоборудованное крановое судно*; *в* – *полупогружная установка, осуществляющая укладку по S-образной кривой*; *г* – *полупогружная установка, осуществляющая укладку по J-образной кривой*; *д* – *трубоукладочное судно с вертикальным барабаном, осуществляющее укладку по J-образной кривой*; *е* – *трубоукладочное судно с горизонтальным барабаном, осуществляющее укладку по J-образной кривой*; *ж* – *судно обеспечения, дооборудованное трубоукладочным барабаном*

С увеличением глубины укладки напряжения в трубопроводе возрастают, и для их снижения требуются специальные опорно-спусковые устройства, в качестве которых могут использоваться стингер, наклонная рампа, направляющий желоб и т.п.

На рис. 4 показаны силуэты трубоукладчиков с различными типами опорно-спусковых устройств, применяемых в мировой практике строительства подводных трубопроводов.

На трубоукладочных плавсредствах, работающих по методу постепенного формирования трубопровода непосредственно на борту, используется стингер (рис. 4, *а* – *в*). При этом трубопровод, опускаемый в воду, приобретает форму S-образной кривой. Наибольшие напряжения возникают на выпуклом или вогнутом участках S-образной кривой – на верхнем и нижнем изгибах укладываемого трубопровода.

Напряжения на выпуклом участке ограничиваются стингером, который крепится в кормовой части трубоукладчика и, являясь как бы продолжением технологической линии, обеспечивает плавный сход трубопровода с палубы.

Стингер представляет собой пространственную металлоконструкцию, которая может быть различной формы.

Прямолинейные жесткие стингеры наиболее эффективны при небольших глубинах.

Для использования на больших глубинах жестким стингерам придают определенную кривизну, которая позволяет увеличить угол наклона трубопровода на конце стингера. Профиль криволинейного жесткого стингера зафиксирован и не меняется при укладке трубопровода, поэтому большие нагрузки, создаваемые массой трубы и стингера, ухудшают маневренность в процессе укладки и увеличивают опасность разрушения стингера.

Более совершенным является криволинейный шарнирный стингер, который состоит из нескольких секций, соединенных между собой специальными шарнирами. Шарнирные соединения позволяют изменить кривизну стингера в пределах вертикальных смещений секций, а также регулировать искривление стингера в горизонтальной плоскости, что значительно снижает динамические нагрузки на стингер с трубопроводом при волнении.

Секционное шарнирное формирование стингера, обеспечивая лучшие условия для укладки трубопровода, повы-

шает эксплуатационную гибкость и надежность сооружения в целом.

Для обеспечения плавучести и регулирования необходимого положения трубопровода в конструкциях стингеров предусматривают понтоны или балластные отсеки, которые заполняются морской водой.

Напряжения на вогнутом участке регулируются с помощью натяжных устройств, размещаемых непосредственно на технологической линии и создающих натяжения в опускаемом трубопроводе. Последнее обеспечивается, как правило, гидравлическими натяжными устройствами, состоящими из двух рядов массивных горизонтальных катков или гусениц, покрытых резиной, между которыми зажимается сваренная часть трубопровода. Тем самым натяжное устройство с заданной силой может тянуть трубопровод вниз или вверх по опорно-спусковому устройству с целью регулирования изгибных напряжений, способных привести к потере трубы устойчивости, т.е. помять или деформировать ее в одном или нескольких местах.

При глубоководной укладке подводных трубопроводов используется вертикальная рампа (рис. 4, *г*), которая благодаря возможности отклоняться от вертикального положения, способна изменять угол схода трубы с рампы.

Рампа придает трубопроводу, опускаемому в воду, форму J-образной кривой. При этом концентрация наибольших напряжений на выпуклом или вогнутом участках J-образной кривой происходит только в нижнем изгибе укладываемого трубопровода.

Применение J-образной укладки на небольшой глубине ограничено необходимостью в крутом угле спуска трубопровода и в большом расстоянии по вертикали, позволяющими укладывать трубопроводную плетель в горизонтальное положение.

На трубоукладочных плавсредствах, использующих метод непрерывного сматывания гибкого трубопровода с барабана, используются кормовые или бортовые направляющие (рис. 4, *е*, *ж*), имеющие форму желоба или рампы с отклоняющимся устройством сферической формы (рис. 4, *д*). Одним из важных факторов, обеспечивающих надежную и точную укладку трубопроводов, является правильное удержание плавучего средства в заданной позиции по всей длине трассы укладки. В качестве систем удержания трубоукладчиков на позиции используются якорная и динамическая системы позиционирования.

Якорная (пассивная) система позиционирования применяется в основном на самоходных трубоукладчиках; динамическая (активная) система позиционирования – на самоходных трубоукладочных судах.

Якорные системы удержания состоят, как правило, из 6–14 якорей, располагаемых в определенном порядке вокруг плавучего сооружения; соответствующего числа якорных связей (канатов, цепей); якорных лебедок; стопорных и направляющих устройств, якорных буйев и буйрепов.

Требования, предъявляемые к якорным системам удержания трубоукладочных плавсредств, определяются спецификой их эксплуатации – наряду с удержанием трубоукладчика на позиции они должны обеспечивать постоянное его передвижение по трассе трубопровода.

МАЛОТОННАЖНЫЕ ТРУБОУКЛАДОЧНЫЕ ПЛАВСРЕДСТВА ДЛЯ УКЛАДКИ И РЕМОНТА ВНУТРИПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

На ранней стадии освоения нефтегазовых месторождений Каспия для укладки внутрипромысловых трубопроводов использовались самоходные малогабаритные двухкорпусные плавсредства – киржимы, имеющие прибрежный район плавания. Укладка киржимами внутрипромысловых трубопроводов диаметром 50,8–153,4 мм (2–6") осуществляется методом постепенного формирования трубопровода на борту. Соединение

труб в плети выполняется двумя способами – сваркой или свинчиванием. На рис. 5 показаны схемы этих плавсредств [1].

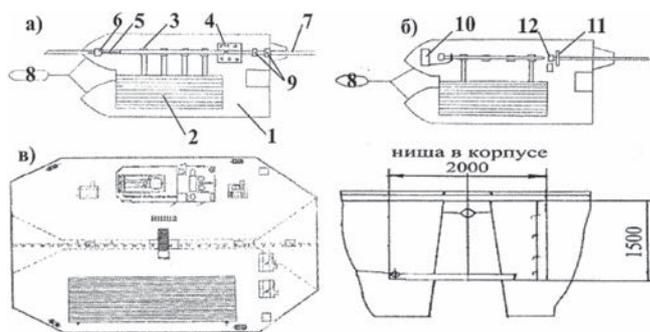


Рис. 5. Киржимы, обеспечивающие укладку труб методами контактно-стыковой сварки на палубе (а), свинчивания (б), методом сварки в специальных нишах (в), расположенных между корпусами киржима
1 – палуба киржима; 2 – стеллаж для труб; 3 – опорные ролики; 4 – сварочный аппарат; 5 – гратосниматель; 6 – силовой механизм; 7 – труба; 8 – буксировщик; 9 – натяжное устройство; 10 – лебедка для свинчивания; 11 – зажимное устройство; 12 – муфта

Большой объем работ по сооружению и капитальному ремонту внутрипромысловых трубопроводов малого диаметра на акватории морских нефтепромыслов Каспия предопределили необходимость создания новой трубоукладочной баржи, предназначенной для укладки и ремонта внутрипромысловых трубопроводов малого диаметра.

На рис. 6 показана разработанная в НИПИ «Гипроморнефтегаз» трубоукладочная баржа (главный инженер проекта – Р.Н. Караев), предназначенная для укладки и ремонта внутрипромысловых трубопроводов малого диаметра: 76, 108, 159 и 219 мм на глубинах моря до 20 м [3].

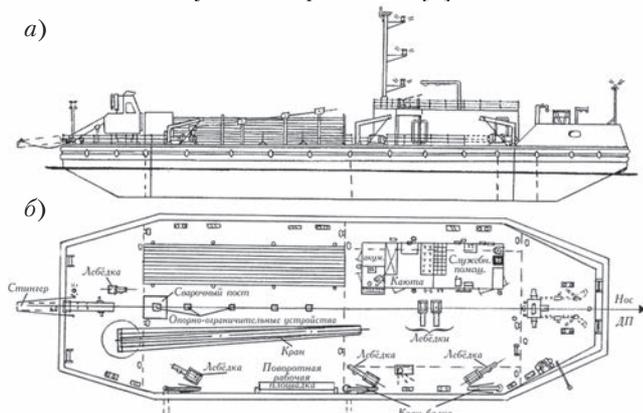


Рис. 6. Баржа для укладки внутрипромысловых трубопроводов на небольших глубинах: а – боковой вид; б – план палубы

Трубоукладочная баржа по сравнению с киржимами имеет более высокие технико-эксплуатационные характеристики и улучшенные условия обитания для экипажа. Главные размеры баржи: длина габаритная – 36,5 м; ширина габаритная – 12,5 м; высота борта – 3,5 м. Район плавания – ограниченный П, Каспийское море с удалением от места убежища до 50 миль и с допустимым расстоянием между портами убежищ до 100 миль при силе ветра до 7 баллов и высоте волны 3%-ной обеспеченности до 4,0 м.

Архитектурно-конструктивный тип самоходной трубоукладочной баржи характеризуется упрощенной формой корпуса, с подрезами в носу и в корме, а также в районе скулового пояса по всей длине корпуса под углом 45°; гладкой металлической палубой без седловатости; носовой жилой рубкой, расположенной по левому борту; кормовым расположением по правому борту поворотного электрического крана грузоподъемностью 3,2 т. Грузоподъемность трубоукладочной баржи

определена из условия размещения на палубе по левому борту штабелей труб на высоту 2,0 м с максимальной массой 200 т.

Для проведения полного цикла работ по укладке и ремонту трубопроводов малого диаметра на барже предусмотрены две технологические линии, в том числе для укладки трубопровода, а также для подъема и ремонта поврежденных участков трубопроводов.

Технологическая линия для укладки трубопровода, расположенная в диаметральной плоскости баржи, включает:

- две лебедки ЛЭ70-6 с тяговым усилием 3,6 тс, обеспечивающие укладку и подтягивание труб;
- шесть опорно-ограничительных устройств, образующих наклонную рольганговую линию;
- сварочный пост для контактно-стыковой сварки;
- лебедку ЛЭ69-6 для прижима труб во время их соединения;
- опорно-спусковое устройство – стингер.

Технологическая линия для подъема и ремонта трубопровода, расположенная вдоль правого борта баржи, включает:

- три лебедки с тяговым усилием 3,6 тс;
- три поворотные кран-балки грузоподъемностью 3,6 тс;
- откидную рабочую площадку размером 5,1×1,2 м.

Опорно-ограничительное устройство представляет собой желоб, внутри которого установлены два вращающихся наклонных роульса. Шесть опор, имеющих разную высоту, образуют наклонную рольганговую линию, которая поддерживает трубопровод и обеспечивает его перемещение по роульсам.

Стингер представляет собой сферическую металлоконструкцию, на которой размещены роульсы. Стингер крепится в кормовой части баржи к корпусу при помощи шарнирного соединения. Последний обеспечивает возможность вываливания стингера за борт и установку его на палубе в положении «по-походному». Вываливание и заваливание стингера осуществляется бортовым краном.

Рабочая площадка, шарнирно соединенная с корпусом баржи, представляет собой откидывающуюся за борт с помощью бортового крана металлическую люльку с двумя ложами для укладки и ремонта поврежденного участка трубопровода.

МОРСКИЕ ТРУБОУКЛАДОЧНЫЕ БАРЖИ

Наряду с малагабаритными трубоукладочными плавсредствами на морских нефтепромыслах Каспия эксплуатируются две трубоукладочные баржи: «С. Везиров» и «И. Гусейнов».

Трубоукладочная баржа «С. Везиров» (рис. 7, а), представляющая собой металлический понтон сварной конструкции (длиной 107,0 м, шириной 24,0 м, высотой борта 7,0 м), оснащена всеми необходимыми общесудовыми системами, технологическим оборудованием и спусковым устройством-стингером.

Баржа предназначена для укладки подводных трубопроводов диаметром от 220 мм до 810 мм на глубинах до 195 м. Предусмотрена также возможность выполнения ремонтных работ. При этом максимальная высота волны не должна превышать 2,4 м при набегании с носа или кормы и 1,5 м – со стороны борта.

Стингер состоит из трех трубчатых секций длиной 50, 30, 20 м соответственно. Последовательное шарнирное соединение секций (50; 50+30; 50+30+20) может обеспечить укладку трубопроводов на различные глубины в пределах до 195 м. Грузоподъемное устройство баржи включает один кормовой поворотный кран грузоподъемностью 60 т с вылетом стрелы за борт – 3,45 м, за корму – 4,0 м и пять неповоротных кран-балок грузоподъемностью 40 т каждая с вылетом за борт 3,45 м, установленных на технологической линии вдоль правого борта на наклонном участке палубы (пандусе).

На свободной части палубы вдоль левого борта предусмотрены участок складирования обетонированных труб и два передвижных крана для проведения грузовых операций. Тру-

а)



б)

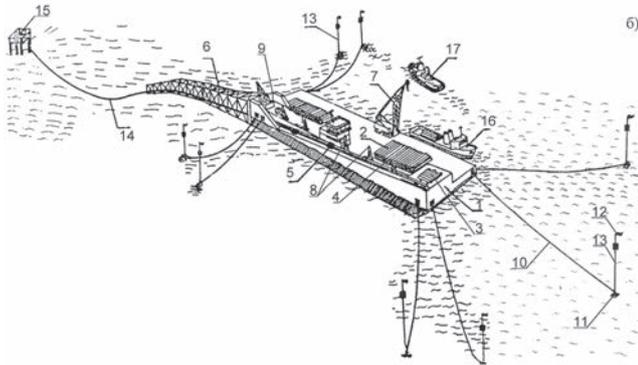


Рис. 7. Трубоукладочная баржа «С. Везиров»: а – общий вид; б – схема удержания

1 – баржа; 2 – участок складирования труб; 3 – поперечный конвейер; 4 – технологическая линия; 5 – натяжные устройства; 6 – стингер; 7 – передвижной кран; 8 – неповоротные кранбалки; 9 – поворотный кран; 10 – якорные канаты; 11 – якорь; 12 – буй; 13 – буйреп; 14 – прокладываемый трубопровод; 15 – МСП; 16 – трубовоз; 17 – буксировщик

бы на палубе укладываются в штабелю, которые ограждаются стойками, препятствующими их разваливанию.

При строительстве подводных трубопроводов методом последовательной сборки и сварки трубных секций непосредственно на палубе трубоукладчика применяются обетонированные трубы.

Бетонные оболочки, размеры которых определяются с учетом расчетных гидродинамических усилий и характеристик донного грунта, используются в качестве пригруза для обеспечения стабильного положения подводного трубопровода в продольном направлении по всей длине трассы.

Технологическая линия включает пять рабочих постов, на которых производится сварка, рентгенокопия, антикоррозийная обработка и обетонирование сварных стыков. На технологической линии установлены центраторы для каждого типоразмера труб и три натяжных устройства. Номинальное суммарное тяговое усилие всех 3 натяжных устройств – 54 т при возможности перегрузки 50%.

Удержание баржи на трассе укладки и ее перемещение во время укладки трубопровода обеспечивается якорной системой (рис. 7, б), включающей 8 якорей типа «Данфорт» массой 13,6 т каждый и 8 электроприводных якорных лебедок однобарабанного типа, снабженных индикаторами натяжения каната, с усилиями 90 и 22,5 т при скоростях выбирания каната 12 и 48 м/мин соответственно. Диаметр якорного каната – 63 мм.

Лебедки расположены в носовом и кормовом лебедочных отделениях под палубой. В каждом лебедочном отделении установлены две телекамеры, а в рубке – 8 мониторов для каждой лебедки, что позволяет оператору постоянно вести наблюдение за их работой, правильной укладкой канатов на

барабанах лебедок и т.п. и своевременно выявлять и устранять возможные неисправности.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОУКЛАДОЧНОЙ БАРЖИ «С. ВЕЗИРОВ»

Монтаж стингера к кормовой части баржи, а также соединение секций стингера между собой являются одними из сложных и опасных операций. В открытом море, в условиях внешнего воздействия отрицательных факторов проведение этой операции связано с определенными трудностями.

Баржа, к которой подсоединяется секция стингера, является подвижной опорой, в результате при качке кормовая оконечность баржи, где размещено массивное устройство (захват), обеспечивающее шарнирное крепление стингера, постоянно уходит в воду, при этом наблюдается накат волны даже при умеренной погоде. Сила, с которой накатывается волна, способна стащить водолаза с рабочего места. Поэтому баржу желательно развернуть носом к ветру, чтобы водолаз мог работать с подветренной стороны.

До установки секции стингера водолазу следует осмотреть и при необходимости удалить оставшиеся (от предыдущих трубоукладочных работ) куски битума, бетона, попавшие в зажим, заделать течи в шлангах и соединительной арматуре гидроцилиндров (если они имеются) и, если потребуется, заменить их. После тщательного осмотра стыковочных узлов баржи и стингера буксир подводит стингер к кормовой части технологического пандуса, и кормовой кран баржи вводит стингер в ее захват, после чего усилием гидроцилиндров стингер фиксируется в шарнирном соединении. Аналогичным образом осуществляется монтаж секций стингера между собой.

При укладке трубопровода на малых глубинах для восприятия стингером нагрузки от массы трубопровода его плавучесть регулируется путем балластирования. Балластные отсеки, располагающиеся по обеим сторонам стингера, оборудованы воздушными и водяными клапанами, которые управляются водолазом по заранее разработанной для каждого проекта укладки схеме балластирования либо дебалластирования.

В процессе балластирования стингера необходимо поочередное заполнение цистерн. При этом рекомендуется оставлять частично заполненными один либо два отсека, клапаны которых управляются дистанционно с помощью гидравлических приводов, для использования их при необходимости изменения посадки стингера в воде. Остальные отсеки должны быть либо порожними, либо полностью балластированными для возможности их периодической проверки на плотность путем заполнения или продувки.

Роль водолазного обеспечения в процессе технического использования и обслуживания балластных отсеков стингера аналогична водолазным операциям, проводимым при использовании дополнительных понтонов плавучести, временно устанавливаемых на опорных блоках МСП.

В процессе технической эксплуатации конструктивные элементы стингера должны подвергаться периодическим осмотрам, которые могут проводить как водолазы, так и осмотровые телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА). При необходимости наряду с визуальным осмотром должны проводиться инструментальный контроль с использованием ультразвуковых средств контроля на предмет выявления возможных повреждений в сварных узлах, проверки толщины стенок балластных отсеков, оценки технического состояния элементов металлоконструкций стингера и т.п.

Процесс укладки трубопровода начинается с вывода трубоукладочной баржи на трассу трубопровода, которая прокладывается соответствующими указательными буйами, снабженными навигационными огнями и флажками. Указательные буй устанавливаются по трассе укладки трубопровода с интервалом около 500 м на протяжении около 2 км от начальной точки расположения баржи.

Далее для удержания баржи на позиции суда обеспечения приступают к развозке якорей. На рис. 7, б показана схема удержания баржи «Сулейман Везиров» на трассе укладки. После раскрепления трубоукладочной баржи на начальной позиции трассы, приступают к сварке и укладке трубопровода.

Изолированные и обетонированные трубы подаются крапом на поперечный конвейер, расположенный в носовой части баржи. По команде оператора с помощью цепного скатывающего устройства трубы попадают на две центровочные тележки, которые служат для придания соосности по горизонтали и вертикали очередной трубе с концом предыдущей трубы. Сварка труб осуществляется конвейерным способом: на каждом посту проводится сварка только одного слоя (за исключением первого поста, где накладываются два слоя). Контроль качества сварки осуществляется на последнем, пятом, посту.

Для труб диаметром до 400 мм применяется аппарат внешней рентгенокопии, а для труб большего диаметра – аппарат внутренней рентгенокопии. Затем сварной стык изолируется и бетонируется. Перемещение трубоукладочной баржи осуществляется циклически на длину одной трубы по мере прохождения очередной трубы по трассе укладки всех технологических постов.

Освоение глубоководных месторождений Каспия и связанное с этим увеличение объемов строительства подводных трубопроводов привели к необходимости создания второй, более совершенной **трубоукладочной баржи «И. Гусейнов»**, предназначенной для укладки трубопроводов диаметром 219–820 мм на глубинах моря до 300 м (рис. 8).

а)



б)



Рис. 8. Общий вид трубоукладчика «И. Гусейнов»: а – в рабочем положении при укладке трубопровода; б – в «походном» положении

Главные размерения баржи: длина габаритная, включая кормовую ферму, – 146,5 м; ширина наибольшая – 33,0 м; высота борта до главной палубы – 13 м; конструктивная – осадка 7 м.

Архитектурно-конструктивный тип несамходной баржи «И. Гусейнов» характеризуется упрощенной формой корпуса с подрезами в носу и в корме, непрерывной палубой, с носовой жилой рубкой, расположенной по левому борту, и кормовым расположением по левому борту полноповоротного электрического крана грузоподъемностью 250 т.

Кроме того, в средней части палубы на каждом борту установлены по одному крану грузоподъемностью 30 т; в носовой части – один кран грузоподъемностью 10 т. Для возможности проведения ремонтных работ с поврежденными трубопроводами на правом борту предусмотрены 5 неповоротных кран-балок, грузоподъемностью по 40 т каждый.

Для обеспечения маневренности на барже предусмотрены подруливающие устройства в виде выдвижных винтовых колонок – по одной в носу и корме. Основное конструктивное отличие от трубоукладочной баржи «С. Везиров» определяется наличием закрытой технологической линии, расположенной по правому борту на расстоянии 3 м от диаметральной плоскости; складывающегося стингера и крана грузоподъемностью 250 т.

Технологическая линия длиной около 95 м включает 8 рабочих постов, обеспечивающих сварку, рентгенокопию или ультразвуковой контроль, антикоррозийную обработку и бетонирование сварных стыков, а также два натяжных устройства с расчетным усилием 68 т каждое.

Технологическая линия заканчивается выдвижной, шарнирно закрепленной к кормовой оконечности корпуса баржи фермой с гидравлическим приводом. Длина фермы – 26,5 м; ширина – 10,0 м; высота – 6,0 м; вес – 97 т. По существу, ферма представляет собой одну из секций стингера. Укладка трубопровода при глубинах моря до 30 м осуществляется с помощью фермы. При больших глубинах моря к ферме с помощью шарнирного устройства присоединяется мини-стингер длиной – 25,0 м; шириной – 6,0 м; высотой – 3,0 м.

Шарнирное соединение обеспечивает поворот стингера и фермы относительно друг друга, что позволяет оперативно выполнять операции, связанные с переводом конструкции «ферма–стингер» из рабочего положения в «походное». Якорная система позиционирования включает 10 якорей по 17 т каждый. Якорные лебедки имеют тяговое усилие около 1700 кН (173,4 т), при скорости выбирания 0,30 м/с удерживающее тормозное усилие – 2500 кН (255 т).

Построенный в 1989 г. компанией «Раума Репола» (Финляндия) трубоукладчик «И. Гусейнов» в 1995 г. прошел модернизацию, после чего был использован для укладки нефтепровода диаметром 600 мм и газопровода диаметром 400 мм, обеспечивших транспортировку ранних углеводородов с месторождения «Чираг-1».

Главными преимуществами плоскодонных трубоукладочных барж с упрощенными обводами, у которых отношение длины к ширине корпуса составляет примерно 4:1, являются небольшие строительная стоимость и эксплуатационные расходы и вполне приемлемая мобильность. Главные недостатки заключаются в ограниченной возможности использования подобных барж из-за их чрезмерных перемещений даже при сравнительно спокойном море. Большая подверженность вертикальной и бортовой качке не позволяет использовать эти баржи при высоте волн более 1,8–2,0 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караев Н.К. Проектирование и строительство морских нефтепроводов//Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1974. – №11.
2. Караев Р.Н. Океанотехника: системный анализ современного состояния и перспективы развития. – СПб: «МОР ВЕСТ», 2018. – 716 с.
3. Караев Р.Н. Плавучие средства для подводных трубопроводов// Экспресс-информация технология бурения и разработки газовых и нефтяных морских месторождений. – 1984. – Вып.12. ■

Продолжение следует.

Малое количество исходных данных затрудняет выполнение предварительных расчетов при проектировании судов новых типов. Разработанная методика упрощенного проектирования в ограниченное время позволяет сформировать базу данных для составления технического задания на проектирование.

Наиболее рациональной системой хранения груза для малых газозавозов являются танки типа С [1]. Для определения примерной вместимости танков этого типа для конкретного типа судна можно воспользоваться прогнозированием по зависимости «дедвейт – объем танков», полученной с учетом данных об уже существующих судах (рис. 1).

Из диаграммы на рис. 1 следует, что для судна «Ленанефть» пр. 621 дедвейтом 2245 т суммарный объем танков должен составлять не более 3000 м³. Согласно рекомендациям Классификационного общества Lloyd's Register при объеме криогенных танков меньше 10 тыс. м³ целесообразно формировать допустимый объем груза из двух цилиндрических танков [2].

Средний удельный вес конструктивных элементов цилиндрических танков типа С составляет 73 кг/м³. Это позволяет рассчитать массу каждого танка:

$$M = \frac{0,073 \cdot 3000}{2} \approx 110 \cdot 10^5 \text{ кг.}$$

При проектировании конструкции цилиндрического танка выполняется выбор формы днищ резервуара. Обычно используются следующие конструкции [3]:

- полусферические – Hemisphere Head (Hemi),
- полуэллиптические – Semi Elliptical Head (SE),
- торосферические – Flanged & Dished Head (F&D),
- плоские – Flat Head.

Полусферические днища наилучшим образом распределяют напряжения, возникающие под действием внутреннего давления, поэтому толщина их стенок в среднем в 2 раза меньше, чем толщина стенки цилиндрической части резервуара. Сферические днища обладают наименьшим отношением площади поверхности к гидравлическому объему. Это существенное преимущество для минимизации теплопритоков. Главный недостаток полусферических днищ – сложность их изготовления. Днища большого диаметра часто собирают из отдельных сегментов, что сдерживает их применение. Но по металлоемкости полусферические днища являются наиболее рациональным решением. С учетом всех перечисленных факторов такие днища применяют в сосудах, работающих под большим внутренним давлением.

Достаточно распространены *полуэллиптические днища*, однако они имеют

МЕТОДИКА ОЦЕНОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ГРУЗА МАЛОТОННАЖНЫХ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ

А. Ю. Баранов, д-р техн. наук, проф.,

Л. В. Иванов, аспирант,

Е. В. Соколова, канд. техн. наук, ст. преподаватель,

Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики,

контакт. тел. +7(911) 915 6440, +7(950) 024 6515, abaranov@corp.ifmo.ru,

levladiv@mail.ru, evlogvinenko@itmo.ru

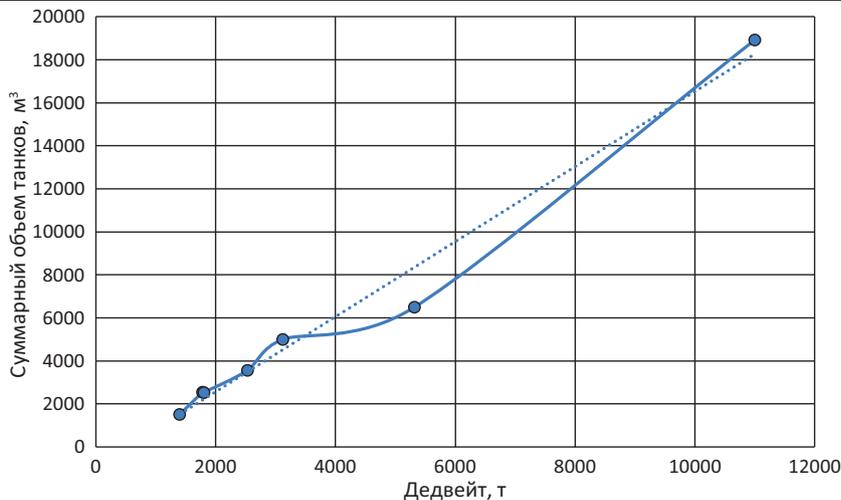


Рис. 1. Зависимость суммарного объема танков от дедвейта судна

толщину стенки, близкую к толщине цилиндрической части. Наиболее распространенное отношение ширины эллипса к его глубине составляет 2:1. Днище изготавливают из трех сегментов: сужающихся колец и выпуклой пластины. Полуэллиптические днища применяют для небольших продуктовых и топливных танков.

Торосферические днища имеют толщину стенки в 2 раза больше, чем толщина цилиндрической части емкости, поэтому их металлоемкость велика и большого распространения в конструкции танков для СПГ они не получили.

Плоские днища используются в исключительных случаях, когда танк должен иметь плоские торцы для того, чтобы вписаться в несущую конструкцию. Толщина плоского днища обычно в 8 раз больше, чем толщина стенки цилиндрической части емкости. Поэтому вес

и велик, и они не применяются в судостроении.

Для повышения коэффициента полезного использования полной грузоподъемности судна (отношение массы перевозимого СПГ к общей грузоподъемности судна) рационально использовать емкостную систему с наименьшим суммарным весом. Это определяет предпочтение конструкции полусферических днищ.

Геометрические размеры танка определяются с учетом параметров трюма судна. Для танкера «Ленанефть» подобраны следующие габаритные размеры криогенных емкостей: длина цилиндрической части – 20 м, диаметр цилиндрической части и полусферических днищ – 9 м.

Схема расположения криогенных емкостей в корпусе танкера представлена на рис. 2.

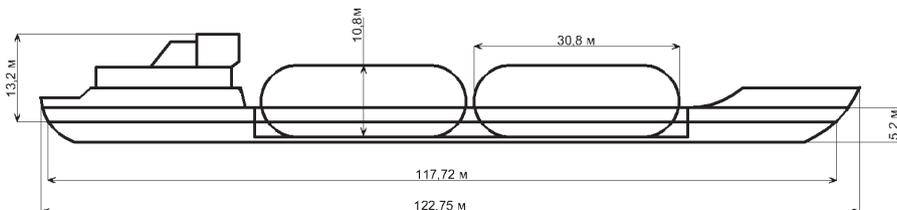


Рис. 2. Схема расположения танков в трюме танкера

При выборе диаметра криогенного танка необходимо учитывать следующие требования. Минимально допустимое расстояние от края теплового ограждения танка до борта судна должно быть не менее 750 мм. Толщину теплоизоляционного слоя материала для танков типа С выбирают в интервале от 200 до 500 мм.

Гидравлический объем танка с выбранными размерами составляет 1386 м³. С учетом удельной массы системы цилиндрических танков типа С масса танка составляет 109,2 т.

Примерный объем двух танков, определенный по зависимости «дедвейт–объем», соответствует объему, полученному с учетом размеров трюма судна. Танки типа С изготавливают из стали 08X18H10, которая является отечественным эквивалентом низкотемпературной стали SUS304L, из которой обычно сооружаются судовые криогенные резервуары [4].

Определяющим параметром танка типа С является величина максимально допустимого внутреннего давления. Исходя из предположительной массы конструкции танка и соотношения толщин стенок цилиндрической части емкости и полусферических днищ, можно определить примерные толщины стенок (20 и 10 мм соответственно). Для расчета величины максимально допустимого внутреннего давления использован метод конечных элементов программного пакета ANSYS.

К резервуару приложены дополнительные нагрузки [5]:

- от собственного веса конструкции;
- от гидростатического давления от СПГ внутри танка;
- от внутреннего давления паров СПГ.

Сочленение между сферическими и цилиндрическими элементами выполняется в виде кольца переменного диаметра (рис. 3).

Максимально допустимое внутреннее давление допускается определять по местным нормативам. Для России эти

нормативы определены ГОСТ для сосудов, работающих под давлением [6–7]. Максимально допустимое давление для танка с указанными выше размерами и толщиной стенок элементов определяется по формуле

$$p = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + s - c} = \frac{2 \cdot 159,6 \cdot 0,95 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{9000 + 20} = 0,67 \text{ МПа},$$

где $[\sigma]$ – максимально допустимое напряжение для материала, МПа; φ_p – коэффициент прочности продольного шва; s – толщина цилиндрической части танка, мм; c – запас толщины на коррозию.

В специальной литературе описана методика определение максимально допустимого избыточного давления паров. Максимально допустимое напряжение на растяжение [8]

$$S_v = \frac{520}{A} = \frac{520}{3,5} = 148,57 \text{ МПа};$$

максимально допустимый предел текучести

$$S_{vy} = \frac{380}{A} = \frac{380}{3,5} = 108,57 \text{ МПа},$$

где A – коэффициент запаса прочности для аустенитных сталей.

Тогда максимально допустимое давление паров с учетом осевых условий $MAWPL$ [9]

$$MAWPL = \frac{S_v \cdot E \cdot t_r}{(R + 0,6 \cdot t_r)} = \frac{148,57 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{4,5 + 0,6 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 0,658 \text{ МПа},$$

где $E = 0,95$ – коэффициент прочности соединений; R – радиус цилиндрической части; t_r – толщина полусферического днища.

Максимально допустимое давление по цилиндрическим условиям $MAWPC$:

$$MAWPC = \frac{2 \cdot S_v \cdot E \cdot t_r}{(R - 0,4 \cdot t_r)} = \frac{2 \cdot 148,57 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{4,5 - 0,4 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 1,33 \text{ МПа}.$$

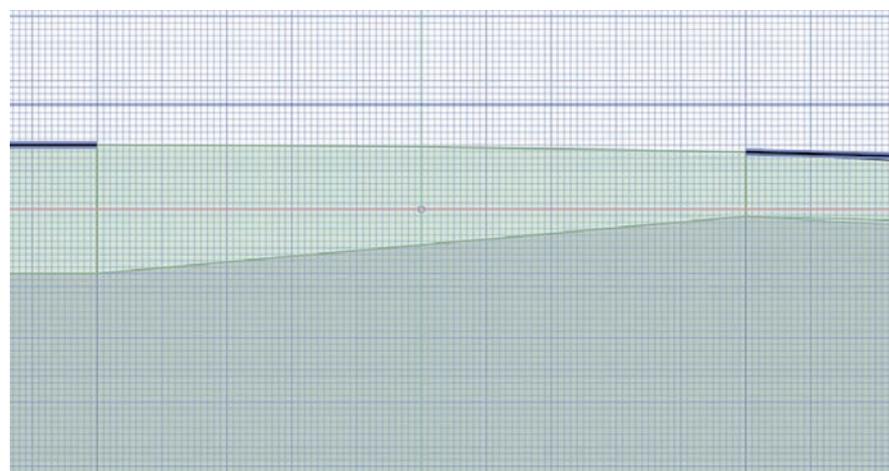


Рис. 3. Форма сочленения цилиндрической и полусферической частей танка

Выбирая меньшее из двух полученных значений, получаем, что максимально допустимое давление $MAWP$ равно 0,65 МПа.

Аналогичным образом вычислим нагрузку для полусферического днища резервуара:

$$S_2 = \frac{P \cdot D}{4 \cdot t_r} = \frac{0,5 \cdot 9}{4 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 112,5 \text{ МПа},$$

$$112,5 < 148,57.$$

Условия прочности выполняются, поэтому максимально допустимое внутреннее давление паров СПГ соответствует

$$MAWP = \frac{2 \cdot S_v \cdot E \cdot t_r}{(R + 0,2 \cdot t_r)} = \frac{148,57 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{4,5 + 0,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 0,66 \text{ МПа}.$$

Принимаем максимальное давление внутреннее давление, равным 0,65 МПа.

Для моделирования напряжений в резервуаре использован пакет ANSYS 2019 R3, который позволяет определять величины напряжений и деформаций в пустом танке при температуре окружающей среды и танке, заполненном СПГ.

Гидростатическое давление вычисляем с учетом уровня заполнения танка, который определяется по формуле

$$Fl = Fl \cdot \frac{\rho_{\min}}{\rho_{\max}} = 98 \cdot \frac{355,4}{420} = 82,9 \%,$$

где $Fl = 98\%$ – максимально допустимый уровень заполнения танка; ρ_{\max} – максимальная плотность СПГ (при температуре -163°C); ρ_{\min} – минимальная плотность СПГ (при максимально допустимом избыточном давлении внутри танка).

При максимальном заполнении танка высота уровня жидкости составит 6,96 м.

При расчете рассматривается жесткое закрепление между опорным суппортом и танком.

Расчеты выполнены для пустого танка при температуре окружающей среды и заполненного танка при температуре -163° и максимальном избыточном давлении паров СПГ.

Результаты моделирования напряжений представлены на рис. 4–7.

Все полученные значения не превышают допустимых параметров, следовательно, можно заключить, что конструкция безопасна.

Из приведенного примера видно, что предложенная методика предварительной конструктивной оценки максимально проста в применении и соответствует российским и международным нормам. Эту методику целесообразно использовать на этапе разработки технического задания на проектирование.

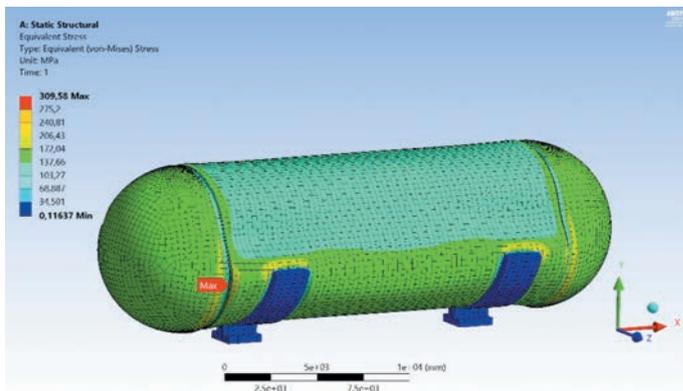


Рис. 4. Распределение напряжений в заполненном танке

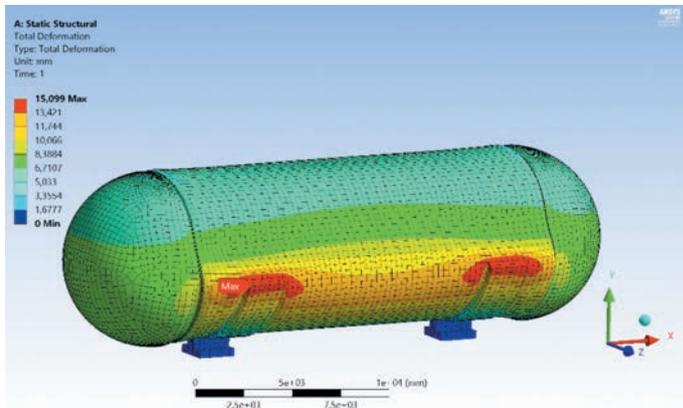


Рис. 5. Деформации в заполненном танке

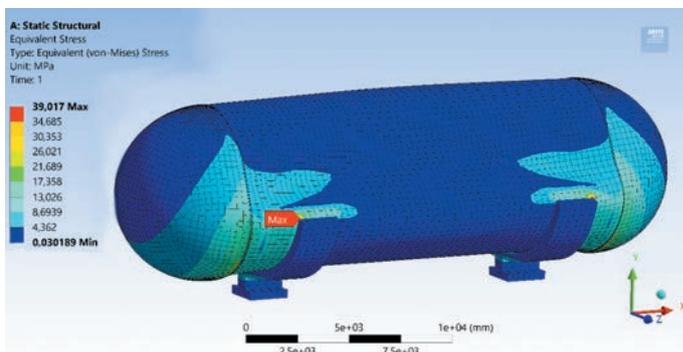


Рис. 6. Напряжения в пустом танке

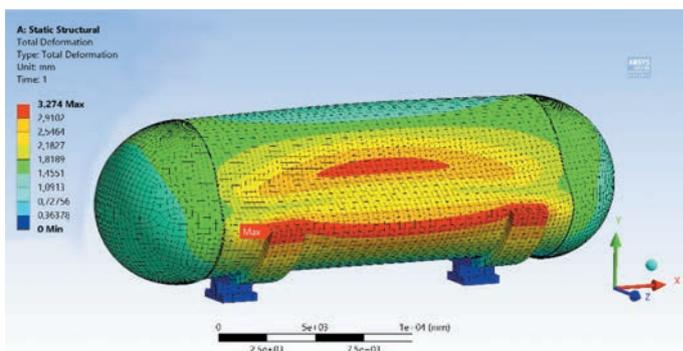


Рис. 7. Деформации в пустом танке

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Л.В., Баранов А.Ю. Анализ конструктивных особенностей систем хранения груза для модернизации проекта речного танкера класса река-море // Морской вестник. – 2019. – №3(71). – С. 18–21.
2. Karistos Leonida. Small-scale LNG ships: a report into the commercial drivers and technical requirements for seaborne small-scale supply – Southampton, UK: Lloyd's Register Marine, 2018. – 32 с.
3. Comparison Between Head Types: Hemi, SE, F&D, Flat – <https://www.pveng.com/home/asm-code-design/comparison-between-head-types-hemi-se-fd-and-flat/> (дата обращения 03.06.2020);
4. Senjanovic Ivo, Rudan Smiljko, Vedran Slapnicar. Design and construction of bilobe cargo tanks, 2002.
5. Yao Yao, Zhongyun Guo, Menglan Duan, Li Zhou, Bingqi Liu. The structure design of type-C independent tank on LNG ship. – The 2015 World congress on advances in structural engineering and mechanics (ASEM 2015), Incheon, Korea – 2015;
6. ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
7. ГОСТ 34233.2–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаяк, выпуклых и плоских днищ и крышек.
8. DNVGL-CG-0135 Liquefied gas carriers with independent cylindrical tanks of type C. – 2016 URL: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2016-02/DNVGL-CG-0135.pdf> (дата обращения 12.05.2020);
9. Anand M.Dev, Rajesh R., Janardhana K.A., Rohit I.J. Study and analysis of a cryogenic pressure vessel design for the storage of liquified natural gas // Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences. – 2016. – №9(2). – P.933–941. ■

ВВЕДЕНИЕ

Шум, который создает маломерное судно, следует разделять на внешний (для окружающей среды) и внутренний (для экипажа). Внешний шум на расстоянии 25 м от моторной лодки регламентируется нормативными документами: ГОСТ 28556–2016 «Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности» [1]; ТР ТС 026/2012 «О безопасности маломерных судов» [2]; ГОСТ 17.2.4.04–82 «Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормирование внешних шумовых характеристик судов внутреннего и прибрежного плавания» [3] и для подвесных лодочных моторов, построенных ранее 1 января 2017 г., составляет 75 дБА, а для моторов более позднего выпуска шум должен быть еще меньше – до 67 дБА при его номинальной мощности до 10 кВт. Внутренний шум никаких ограничений по нормативным документам не имеет, при этом его величина бывает весьма значительной. Согласно проведенным авторами исследований [4–6], даже для маломощных подвесных лодочных моторов на расстоянии 1 м при полной мощности средний эквивалентный уровень шума составляет от 87 дБА (для мотора «Hangkai 4.0») до 94 дБА (для мотора «SEA-PRO 5.0»), что превышает, например, рекомендуемые санитарные нормы для постоянной вахты в машинном отделении морского и речного судна – 85 дБА [7, 8].

В то же время открытым остается вопрос о зависимости уровня шума от скорости движения лодки, особенно глиссирующих судов.

Цель проведения эксперимента состояла в оценке уровня внутреннего шума маломерного судна в зависимости от его скорости, поскольку такие данные о современных судах с подвесными лодочными моторами отсутствуют. Дополнительно были проведены исследования амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) шума и зависимости его уровня от места размещения микрофона шумомера в лодке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытывалась популярная моторная лодка типа «Южанка-2» (рис. 1) со следующими техническими характеристиками: наибольшая длина – 4200 мм; наибольшая ширина – 1650 мм; высота борта на миделе – 650 мм; высота транца – 380 мм; максимальная мощность подвесного лодочного мотора – 30 л. с.

На лодке использовался подвесной лодочный мотор «Mercury 30» номинальной мощностью 30 л. с.

Условия проведения испытаний: состояние водной поверхности; малая

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ШУМА МАЛОМЕРНОГО СУДНА ОТ ЕГО СКОРОСТИ

*М.Н. Покусаев, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
К.Е. Хмельницкий, аспирант,
А.А. Хмельницкая, канд. техн. наук, ассистент кафедры,
Д.А. Климов, магистрант,
ФГБОУ ВО «Астраханский ГТУ»,
контакт. тел. (8512) 614 214*



Рис. 1. Моторная лодка «Южанка-2» с подвесным лодочным мотором «Mercury 30» на испытаниях

рябь – высота волн – 25 мм. Допустимая максимальная высота волны определяется по ГОСТ ISO 14509–1–2015 «Суда малые. Измерение шума малых моторных прогулочных судов. Ч. 1» Шум проходящего судна» [9] рассчитывается по формуле

$$h_{\text{доп}} = L_{\text{с}}/50, \quad (1)$$

где $L_{\text{с}} = 4200$ мм – длина судна.

Таким образом, допустимая расчетная высота волны $h_{\text{доп}} = 3400/50 = 84$ мм.

Это говорит о допустимости проведения испытаний. Глубина фарватера по курсу – от 2 до 5 м; скорость ветра – 4 м/с; акватория – река Волга; фоновый уровень шума – 55 дБА.

Перед проведением испытаний была проведена проверка шумомера портативным калибратором на частоте 1000 Гц с уровнем звука 114 дБ, измеренный уровень составил 114,6 дБ, что не превышает требуемой погрешности в 1 дБ, согласно ГОСТ ISO 14509–1–2015 [9], поэтому испытания проводились без дополнительной настройки прибора.

Разница между уровнем шума среднего эквивалентного измеренного для различных вариантов работы подвесного лодочного мотора и уровнем фона составляет более 10 дБА, что является допустимой величиной, поэтому корректировка на уровень шума фона результатов испытаний не требуется. Результаты измерений не требуют также коррек-

тировки по расстоянию от микрофона до источника шума.

Используемые контрольно-измерительные приборы и программное обеспечение:

- шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110 А» (белая) [10];
- акустический калибратор АК-1000 [11];
- программное обеспечение: «Signal+3G Light» производства ООО «ПКФ Цифровые приборы».

Измерительное оборудование соответствует требованиям ГОСТ ISO 14509–1–2015 [9].

Режимы работы подвесного лодочного мотора: набор скорости лодки делался постепенно, с ростом частоты вращения подвесного лодочного мотора в течение 120 с для возможности проведения нескольких замеров шума на различных скоростях моторной лодки и стабилизации его параметров. В результате максимальная скорость моторной лодки при глиссировании составила 38–40 км/ч.

При постановке задач эксперимента авторы приняли гипотезу, что шум маломерного судна разделяется на следующие составляющие: воздушный шум от работы двигателя внутреннего сгорания; шум от подводного выхлопа; шум от работы гребного винта; структурный шум от вибрации

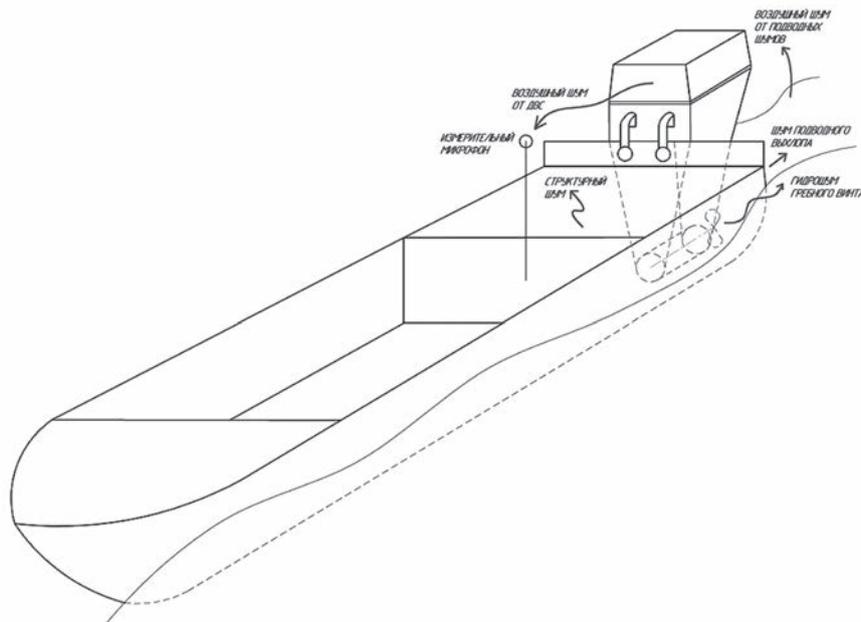


Рис. 2. Составляющие шума маломерного судна

корпуса лодки (рис. 2). При этом при движении на максимальной скорости лодки авторами ожидалось увеличение низкочастотного структурного шума корпуса из-за набегающего потока воды и ударов корпуса лодки о волны. Ожидалось, что шум на носовом и кормовом месте размещения в лодке будет отличаться, причем на переднем месте будет снижение уровня шума в пределах 4–5 дБА по отношению к кормовому месту.

Результаты измерения шума на разных скоростях движения лодки представлены ниже и на графике рис. 3.

Результаты измерения шума моторной лодки «Южанка» с подвесным лодочным мотором «Mercury 30»

Скорость, км/ч	Уровень шума, дБА
0	70,3
5	72,6
9	75,3
25	86,8
28	88,2
35	93,3
38	98,7

Как видно из рис. 3, зависимость оказалась линейной, что позволило получить простую формулу по расчету уровня внутреннего шума на различной скорости движения лодки:

$$y = 69,259 + 0,7171x, \quad (2)$$

где y – уровень шума, дБА; x – скорость движения лодки, км/ч.

Результаты измерения уровня шума на кормовом и носовом сиденье лодки, т.е. распределение шума внутри лодки, представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, разница между шумом на носовом и кормовом месте составляет 4,3 дБА, что, в принципе, уже не является погрешностью измерений.

Средний уровень шума, замерянный по характеристике SLOW, дБА

$$y = 0,7171x + 69,259$$

$$R^2 = 0,988$$

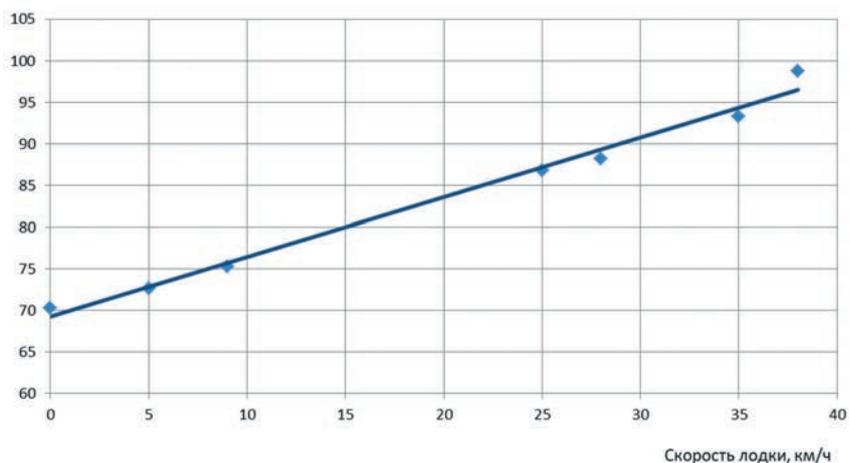


Рис. 3. График зависимости уровня внутреннего шума, дБА от скорости лодки, км/ч

Таблица 1

Шум на месте рулевого (кормовое расположение микрофона) и пассажира (носое расположение микрофона)

Расположение микрофона	Эквивалентный уровень шума, дБА	
	Замер № 1	Замер № 2
Кормовое	100,4	92,7
Носовое	96,2	88,4
Разница дБА	4,2	4,3

Анализ АЧХ шума в диапазоне от 63 до 8000 Гц маломерного судна представлен в табл. 2–3.

Как видно из табл. 2 и табл. 3, на глиссировании идет увеличение общего среднего эквивалентного уровня шума на 26,1 дБА (или в 1,36 раз) по сравнению с малым ходом. Очевидно, что это связано как с ростом звука от работы самого двигателя внутрен-

него сгорания, так и с ростом уровня структурного шума и возникновением резонансных колебаний корпуса лодки. Интересными оказались результаты для среднего хода, на котором рост амплитуд шума отмечен только в области низких частот до 63 Гц, остальные амплитуды практически не растут, что можно объяснить отсутствием резонансных колебаний корпуса лодки.

Анализ амплитудно-частотной характеристики шума маломерного судна «Южанка-2» с подвесным лодочным мотором «Mercury 30»

Режим работы мотора – ход	Частота, Гц								Средн. эквив. уровень шума
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Малый	57,2	59,9	62,2	55,6	56,1	56,2	49,6	41,6	72,6
Средний	73,5	55,9	60,8	57,7	58,3	57,5	51	43	75,3
Полный	81,3	82,7	83,7	82,1	78,8	71,1	65,6	56,6	93,3
Глиссирование	80,4	87	89,5	87,2	84,5	77	65,7	55,3	98,7

Таблица 3

Анализ роста шума маломерного судна «Южанка-2» с подвесным лодочным мотором «Mercury 30» на разных режимах работы мотора по отношению к малому ходу

Режим работы мотора – ход	Частота, Гц								Средн. эквив. уровень шума
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Малый	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Средний/малый	1,28	0,93	0,98	1,04	1,04	1,02	1,03	1,03	1,04
Полный/малый	1,42	1,38	1,35	1,48	1,40	1,27	1,32	1,36	1,29
Полный/глиссер	1,41	1,45	1,44	1,57	1,51	1,37	1,32	1,33	1,36

ВЫВОДЫ

1. Внутренний шум маломерного скоростного судна весьма значительный – средний уровень превышает (на полном ходу) рекомендуемый санитарный на 13,7 дБА.

2. В самой лодке размещение микрофона показало изменение уровня шума в зависимости от его расположения относительно мотора, это тоже может быть учтено при разработке рекомендаций по снижению уровня шума для экипажа маломерного судна, поскольку на сегодня этот шум никак не регламентируется.

3. Снижение шума маломерного судна требует комплексного подхода, очевидно, что воздушный высокочастотный шум может быть снижен при помощи капотирования подвесного лодочного мотора, а низкочастотный – при помощи виброизоляторов, устанавливаемых на креплениях мотора к транцу лодки.

4. Средний ход моторной лодки наиболее безопасен по шуму для экипажа маломерного судна.

5. На скоростном движении маломерного судна структурный шум увеличивается, что, скорее всего, связано с резонансами собственных колебаний корпуса лодки и вынужденных колебаний от подвесного лодочного мотора.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 28556–2016. Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.
2. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 026/2012 «О безопасности маломерных судов», 2012. – 38 с.
3. ГОСТ 17.2.4.04–82. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормирование внешних шумовых характеристик судов внутреннего и прибрежного плавания. – М.: Стандартинформ, 2004. – 5 с.
4. Покусаев М. Н., Хмельницкий К. Е. Анализ частотного спектра шума подвесного лодочного мотора Hangkai 4.0 при капотировании // Вестник Астраханского ГТУ. – Серия: Морская техника и технология. – 2020. – № 3. – С. 33–39.
5. Покусаев М. Н., Хмельницкий К. Е., Ильина Е. Г. Оценка эффективности капо-

- тов подвесных моторов маломерного судна в реальных условиях эксплуатации // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2020. – № 3 (44). – С. 87–92.
6. Покусаев М. Н., Хмельницкий К. Е., Кадии А. А. Оценка эффективности использования виброизолирующих устройств для подвесных лодочных моторов // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – № 64. – С. 124–130.
 7. СН 2.5.2.047–96. Водный транспорт. Уровни шума на морских судах. Санитарные нормы. – М.: Моркнига, 2018. – 19 с.
 8. СанПиН 2.5.2–703–98. Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. – М.: Моркнига, 2008. – 124 с.
 9. ГОСТ ISO 14509–1–2015. Суда малые. Измерение шума малых моторных прогулочных судов. – Часть 1. Измерение шума проходящего судна. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
 10. Шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110 А». Паспорт ПКДУ.411000.001.02 ПС. ООО «ПКФ Цифровые приборы». – М., 2014. – 12 с.
 11. Паспорт на калибратор акустический АК-1000. – М.: ООО «ПКФ Цифровые приборы». – 2015. – 8 с. ■

С формулой И.С. Громеки связано еще несколько полезных формул. В частности, лапласиан скорости можно представить в виде

$$\Delta \vec{V} = \vec{\nabla}(\vec{V} \cdot \vec{V}) - \vec{V} \times (\vec{\nabla} \times \vec{V})$$

или, применяя другие устоявшиеся обозначения, $\Delta \vec{V} = \text{grad div } \vec{V} - \text{rot rot } \vec{V}$. Докажем эту формулу, выполняя выкладки для $\text{rot rot } \vec{V}$:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{V}) &= \vec{e}_i \frac{\partial}{\partial x_i} \times \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_k} \varepsilon_{skj} \vec{e}_s \right) = \\ &= \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_k} \varepsilon_{skj} \varepsilon_{lis} \vec{e}_l = \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_k} \varepsilon_{skj} \varepsilon_{lis} \vec{e}_l + \\ &+ \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_k} \varepsilon_{skj} \varepsilon_{2is} \vec{e}_2 + \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_k} \varepsilon_{skj} \varepsilon_{3is} \vec{e}_3. \end{aligned}$$

Распишем подробнее компоненты этого вектора, стоящие при базисных векторах. При базисном векторе выражение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_k} \varepsilon_{skj} \varepsilon_{lis} &= \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_2 \partial x_k} \varepsilon_{3kj} - \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_3 \partial x_k} \varepsilon_{2kj} = \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_2 \partial x_1} - \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_2 \partial x_2} - \\ &- \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_3 \partial x_3} + \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_3 \partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\frac{\partial^2 V_1}{\partial x_1} + \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_2} + \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_3} \right) - \\ &- \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_3^2} = \frac{\partial}{\partial x_1} (\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) - \Delta V_1. \end{aligned}$$

Аналогичные выкладки можно выполнить и для компонент при базисных векторах \vec{e}_2 и \vec{e}_3 . В итоге имеем

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{V}) &= \left[\frac{\partial}{\partial x_1} (\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) - \Delta V_1 \right] \vec{e}_1 + \left[\frac{\partial}{\partial x_2} (\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) - \Delta V_2 \right] \vec{e}_2 + \\ &+ \left[\frac{\partial}{\partial x_3} (\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) - \Delta V_3 \right] \vec{e}_3 = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) - \Delta \vec{V}. \end{aligned}$$

Таким образом, исходная формула (4.7) снова доказана.

4. ВИХРЬ СКОРОСТИ И ЕГО АССОЦИИРОВАННЫЙ ТЕНЗОР

Вихрь $\vec{\omega}$ является векторной величиной, характеризующей поле скоростей:

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \text{rot } \vec{V} = \frac{1}{2} \vec{\nabla} \times \vec{V}. \quad (5.1)$$

В компонентном виде

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \varepsilon_{kij} \vec{e}_k,$$

или, через определитель,

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix}.$$

И в том, и в другом случае получаем для компонент вектора $\vec{\omega}$:

$$\begin{aligned} \omega_1 = \omega_x &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_z}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_3}{\partial x_2} - \frac{\partial V_2}{\partial x_3} \right); \\ \omega_2 = \omega_y &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_x}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial x} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \right); \\ \omega_3 = \omega_z &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_2} \right). \end{aligned} \quad (5.2)$$

Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ и тензор вращения $\underline{\Omega}$ связаны между собой через тензор Леви-Чивита ε^3 . Эти величины являются взаимно ассоциированными. Говорят, что тензор

ТЕНЗОРНЫЙ ВЗГЛЯД НА ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ

ЧАСТЬ 2*

Ш.Г. Алиев, *д-р техн. наук, проф.*,

генеральный конструктор САПР ОКБ «Дагдизель», г. Махачкала,

В.А. Павловский, *д-р физ.-матем. наук, проф.*, г. Санкт-Петербург, контакт. тел. +7 (967) 931 6365, (812) 742 1819

$\underline{\Omega} = \frac{1}{2} (\vec{\nabla} \vec{V} - \vec{\nabla} \vec{V}^T)$ является ассоциированным по отношению к вектору $\vec{\omega} = \frac{1}{2} \vec{\nabla} \times \vec{V}$, поскольку выполняются соотношения

$$\underline{\Omega} : (\varepsilon^3) = (\varepsilon^3) : \underline{\Omega} = -2\vec{\omega} = -\vec{\nabla} \times \vec{V}. \quad (5.3)$$

И наоборот, вектор $\vec{\omega}$ является ассоциированным по отношению к тензору $\underline{\Omega}$, поскольку справедливо

$$(\varepsilon^3) \cdot \vec{\omega} = \vec{\omega} \cdot (\varepsilon^3) = \underline{\Omega}. \quad (5.4)$$

В формуле (5.3) тензор переводится в вектор $\vec{\omega}$, а в формуле (5.4) вектору $\vec{\omega}$ сопоставляется тензор вращения.

Докажем равенства (5.3) и (5.4):

$$\begin{aligned} \underline{\Omega} : \varepsilon^3 &= \frac{1}{2} (\vec{\nabla} \vec{V} - \vec{\nabla} \vec{V}^T) : \varepsilon^3 = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \varepsilon_{ijk} \varepsilon_{pqk} \vec{e}_p \vec{e}_q \vec{e}_k = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \varepsilon_{jik} \vec{e}_k = \frac{1}{2} \varepsilon_{ji1} \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \vec{e}_1 + \\ &+ \frac{1}{2} \varepsilon_{ji2} \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \vec{e}_2 + \frac{1}{2} \varepsilon_{ji3} \left(\frac{\partial V_j}{\partial x_i} - \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \right) \vec{e}_3 = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_2} - \frac{\partial V_3}{\partial x_2} + \frac{\partial V_2}{\partial x_3} \right) \vec{e}_1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_3}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \frac{\partial V_1}{\partial x_3} + \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \right) \vec{e}_2 + \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_2} - \frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \frac{\partial V_2}{\partial x_1} + \frac{\partial V_1}{\partial x_2} \right) \vec{e}_3 = -2\omega_1 \vec{e}_1 - 2\omega_2 \vec{e}_2 - 2\omega_3 \vec{e}_3 = \\ &= -2\vec{\omega} = -\vec{\nabla} \times \vec{V}. \end{aligned}$$

Тот же результат получаем и для $(\varepsilon^3) : \underline{\Omega}$. Для равенства (5.4) имеем

$$(\varepsilon^3) \cdot \vec{\omega} = \varepsilon_{ijk} \vec{e}_i \vec{e}_j \vec{e}_k \cdot \omega_s \vec{e}_s = \omega_k \varepsilon_{ijk} \vec{e}_i \vec{e}_j = \frac{1}{2} \frac{\partial V_s}{\partial x_i} \varepsilon_{kts} \varepsilon_{ijk} \vec{e}_i \vec{e}_j.$$

Компоненты этого тензора второго ранга следующие:

– при $i = j$ они равны нулю;

– при $i = 1, j = 2$ это:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial V_s}{\partial x_i} \varepsilon_{kts} \varepsilon_{12k} = \frac{1}{2} \frac{\partial V_s}{\partial x_i} \varepsilon_{3ts} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_2} \right);$$

– аналогичным образом можно получить значения для всех $i, j = 1, 2, 3$.

В итоге матрица компонент этого тензора имеет вид

$$\begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_2} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_3}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_3} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_2} - \frac{\partial V_2}{\partial x_1} \right) & 0 & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_2} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_2} \right) & 0 \end{pmatrix}.$$

Видно, что она является матрицей компонент антисимметричного тензора, это означает справедливость соотношения (5.4).

Нетрудно также заметить также, что

$$\vec{\omega} \cdot \underline{\Omega} = 0.$$

* Окончание. Начало см. «Морской вестник», 2020, №4 (76)

Действительно,

$$\begin{aligned} \bar{\omega} \cdot \underline{\Omega} &= \bar{\omega} \cdot \frac{1}{2} (\bar{\nabla} \bar{V} - \bar{\nabla} \bar{V}^T) = \frac{1}{2} \bar{\omega} \cdot \bar{\nabla} \bar{V} - \frac{1}{2} \bar{\omega} \cdot \bar{\nabla} \bar{V}^T = \\ &= \frac{1}{2} \left[\omega_i e_i \cdot \frac{\partial V_j}{\partial x_k} e_k e_j - \omega_i e_i \cdot \frac{\partial V_k}{\partial x_j} e_k e_j \right] = \frac{1}{2} \left[\omega_k \frac{\partial V_j}{\partial x_k} - \omega_k \frac{\partial V_k}{\partial x_j} \right] e_j. \end{aligned}$$

При $j=1$ проекция на ось x :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left[\omega_k \frac{\partial V_1}{\partial x_k} - \omega_k \frac{\partial V_k}{\partial x_1} \right] &= \frac{1}{2} \left[\omega_1 \frac{\partial V_1}{\partial x_1} + \omega_2 \frac{\partial V_1}{\partial x_2} + \omega_3 \frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \omega_1 \frac{\partial V_1}{\partial x_1} - \right. \\ &- \omega_2 \frac{\partial V_2}{\partial x_1} - \omega_3 \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \left. \right] = \frac{1}{2} \left[\omega_1 \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_1} - \frac{\partial V_1}{\partial x_1} \right) + \omega_2 \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_2} - \frac{\partial V_2}{\partial x_1} \right) + \right. \\ &\left. + \omega_3 \left(\frac{\partial V_1}{\partial x_3} - \frac{\partial V_3}{\partial x_1} \right) \right] = \frac{1}{2} [0 - \omega_2 \omega_3 + \omega_3 \omega_2], \end{aligned}$$

т.е. равна нулю. Аналогичным образом можно заметить, что нулями будут и выражения при $j=2$ и $j=3$.

Кроме того, справедливо равенство

$$\bar{\nabla} \cdot \bar{\omega} = 0.$$

Действительно,

$$\begin{aligned} \bar{\nabla} \cdot \bar{\omega} &= \frac{1}{2} \cdot \bar{\nabla} \cdot \bar{\nabla} \bar{V} = \frac{1}{2} e_s \frac{\partial}{\partial x_s} \cdot \frac{\partial V_j}{\partial x_s} \varepsilon_{kij} e_k = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_s \partial x_i} \varepsilon_{kij} \delta_{sk} = \\ &= \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_k \partial x_i} \varepsilon_{kij} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 V_j}{\partial x_1 \partial x_i} \varepsilon_{1ij} + \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_2 \partial x_i} \varepsilon_{2ij} + \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_3 \partial x_i} \varepsilon_{3ij} \right] = \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial^2 V_3}{\partial x_1 \partial x_2} - \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_1 \partial x_3} + \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_2 \partial x_3} - \frac{\partial^2 V_3}{\partial x_2 \partial x_1} + \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_3 \partial x_1} - \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_3 \partial x_2} \right] = 0. \end{aligned}$$

Ротор конвективного ускорения жидкой частицы может быть представлен в виде

$$\bar{\nabla} \times [(\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V}] = 2(\bar{\omega} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} - 2(\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{\omega}.$$

Доказательство справедливости этого соотношения можно выполнить, записывая конвективное ускорение по формуле И.С. Громеки.

Градиент вихря есть псевдотензор второго ранга:

$$\bar{\nabla} \bar{\omega} = \bar{\nabla} \left(\frac{1}{2} \bar{\nabla} \times \bar{V} \right) = e_s \frac{\partial}{\partial x_s} \left(\frac{1}{2} \frac{\partial V_j}{\partial x_i} \varepsilon_{kij} e_k \right) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_i \partial x_s} \varepsilon_{kij} e_s \otimes e_k.$$

След этого тензора $tr \bar{\nabla} \bar{\omega} = 0$, в чем легко убедиться после несложных выкладок. Можно также выделить симметричную и антисимметричную части этого тензора:

$$\frac{1}{4} \left(\frac{\partial^2 V_j}{\partial x_s \partial x_i} \varepsilon_{kij} + \frac{\partial^2 V_j}{\partial x_k \partial x_i} \varepsilon_{sij} \right) e_s \otimes e_k.$$

В левой части уравнения Навье–Стокса конвективное ускорение может быть преобразовано различными способами и представлено в различных формах:

1) в форме Громеки–Ламба

$$(\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} = \bar{\nabla} \frac{\bar{V}^2}{2} + (\bar{\nabla} \times \bar{V}) \times \bar{V},$$

причем второе слагаемое в правой части, в свою очередь, может быть выражено несколькими эквивалентными способами:

$$a) (\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} = \bar{\nabla} \cdot 2\underline{\mathcal{S}},$$

где $\underline{\mathcal{S}}$ – тензор скоростей деформаций, $\underline{\mathcal{S}} = \frac{1}{2} [(\bar{\nabla} \bar{V} + (\bar{\nabla} \bar{V})^T)]$.

$$б) (\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} = 2\underline{\Omega} \cdot \bar{V},$$

где $\underline{\Omega}$ – тензор вращения, $\underline{\Omega} = \frac{1}{2} [(\bar{\nabla} \bar{V} - (\bar{\nabla} \bar{V})^T)]$.

2) через тензор потока импульса $\bar{V} \otimes \bar{V}$

$$(\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} = \bar{\nabla} \cdot (\bar{V} \otimes \bar{V}) - \bar{V} (\bar{\nabla} \cdot \bar{V}).$$

Тогда уравнение движения жидкости [5,7]:

$$\rho \left[\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + (\bar{V} \cdot \bar{\nabla}) \bar{V} \right] = -\bar{\nabla} p + \bar{\nabla} \cdot \underline{\tau} + \rho \bar{f},$$

где $\underline{\tau}$ – тензор вязких напряжений, может быть представлено в виде

$$\rho \left[\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \bar{\nabla} \frac{V^2}{2} + \bar{V} \cdot 2\underline{\mathcal{S}} \right] = -\bar{\nabla} p + \bar{\nabla} \cdot \underline{\tau} + \rho \bar{f};$$

$$\rho \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = -\bar{\nabla} p + \bar{\nabla} \cdot [\underline{\tau} - \rho \bar{V} \otimes \bar{V}] - \rho \bar{V} (\bar{\nabla} \cdot \bar{V}) + \rho \bar{f}.$$

Для ньютоновской несжимаемой жидкости это уравнение принимает вид

$$\rho \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = -\bar{\nabla} p + \rho \bar{\nabla} \cdot [2\nu \underline{\mathcal{S}} - \bar{V} \otimes \bar{V}] + \rho \bar{f}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тензорное исчисление является мощным математическим аппаратом при изложении фундаментальных вопросов механики жидкости и газа. С помощью его можно анализировать структуру новых реологических соотношений и уравнений, построение которых является актуальной проблемой, особенно в теории турбулентности. Этот математический аппарат позволяет обеспечить компактность записи аналитических выражений, прозрачность выкладок и возможность четко увидеть физический смысл в тех или иных тензорных выражениях.

Мы намерены в последующем привести некий каталог физикализованных операторов, где физическая суть выводится на 1-е место. Начало будет связано с $\text{grad}(\bar{A} \times \bar{B})$ и $\frac{\partial}{\partial t} \text{rot} \bar{V} = \text{rot} \bar{V} [\text{rot} \bar{V} \times \bar{V}]$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочин Н.Е., Кобель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. – Т1-2. – М.–Л.: ОГИЗ, 1948.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – Т.1. – М.: Наука, 1973.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987.
4. Эртель Г. мл. (ред.) Путеводитель Прандтля по гидродинамике. Москва–Ижевск: ЦИН «Регулярная и хаотическая динамика» / Институт компьютерных исследований, 2007.
5. Новожилов В.В., Павловский В.А. Установившиеся турбулентные течения несжимаемой жидкости. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2012.
6. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидродинамика и теплообмен. – Т.2. – М.: Мир, 1990.
7. Павловский В.В. Краткий курс механики сплошных сред. – СПб.: Изд-во СПбГТУ РП, 1993.
8. Труsdale К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. – М.: Мир, 1975.
9. Павловский В.А. Никущенко Д.В. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы. – СПб.: Лань, 2018. – 368 с. ■

Геометрия обводов носовой оконечности судна ледового плавания в значительной степени определяет его ледокольные качества и ледовую ходкость. В настоящей работе рассматривается движение судна ледового плавания в ровном сплошном льду.

Цель исследования – поиск характеристик формы носовой оконечности, приводящих к минимуму чистого ледового сопротивления. Существует значительное количество методов расчета сопротивления движению судов во льдах [5, 6]. Исследование влияния геометрии обводов судна на ледовую ходкость в данной работе проводилось с помощью вычислительного эксперимента при движении в сплошном ледяном поле. Для анализа геометрии носовых форм корпуса судна, движущегося в сплошных льдах, выбран метод, разработанный для речных ледоколов, как наиболее полно учитывающий физико-механические характеристики льда и особенности формы носовой оконечности [1, 2, 5]. Натурные наблюдения эксплуатации речных ледоколов, имеющие большую статистику, позволяют заметить причины возникновения ледового сопротивления. Сопротивление движению судна в сплошном льду объясняется следующими затратами энергии:

- на пролом ледяного поля;
- на местное разрушение кромки льда с корпусом судна;
- на поворачивание, раздвигание и притапливание сломанного льда;
- на сопротивление снежного покрова;
- на трение, возникающее между льдом и корпусом судна.

Для теоретических исследований чистое ледовое сопротивление представим состоящим из суммы трех взаимонезависимых частей

$$R = R_p + R_o + R_c, \quad (1)$$

где R_p – сопротивление разрушению целого льда; R_o – сопротивление обломков льда; R_c – сопротивление снега.

Слагаемое R_p объединяет энергетические затраты, необходимые для нарушения целостности ледяной пластины: ломку, разрушения кромки и трение о кромку целого льда. Сопротивление R_o , связанное с силами взаимодействия судна с обломками ледяного поля, включает притапливание, поворачивание, и раздвигание льдин, а также трение льда о корпус.

При анализе процессов, происходящих во время движения судна во льду, имеется возможность установить различный характер действия слагаемых ледового сопротивления. Составляющая R_p , связанная с дискретными процессами ломки льда, существенно переменчива как по величине, так и по месту взаимодействия. Сопротивление обломков R_o обусловлено движением неоднородной среды, но имеет более установившиеся характер [5].

Энергия, используемая на разрушение сплошного льда, складывается из энергий, затраченных в каждой точке контакта корпуса на разрушение ледяного поля,

$$A_p = \sum A_{p_i}. \quad (2)$$

Для описания геометрии носовой оконечности судна ледового плавания обозначим углы, характеризующие форму обводов корпуса в некоторой точке судовой поверхности:

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ НОСОВОЙ ОКОНЕЧНОСТИ СУДНА ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ НА ХОДКОСТЬ ВО ЛЬДУ

Е.М. Грамузов, д-р техн. наук, проф. НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф., зам. гл. инженера ПАО «ЦКБ «ОСК-Айсберг»,
М.Ю. Сандаков, канд. техн. наук, доцент,
Н.Е. Тихонова, канд. техн. наук, доцент, НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
 контакт. тел. +7(910) 871 2583, +7(911) 091 1652, +7(910) 879 9702



Рис. 1. Транспортное судно в ледовом поле

φ_1 – угол наклона форштевня к ватерлинии; j_2 – угол между касательной к ватерлинии и ДП; j_3 – угол наклона шпангоута к вертикали.

Представим направляющие косинусы нормали и касательного направления для произвольной точки поверхности судна:

$$\begin{aligned} n_x &= \cos(\vec{n}, \vec{x}); & n_y &= \cos(\vec{n}, \vec{y}); & n_z &= \cos(\vec{n}, \vec{z}); \\ \tau_x &= \cos(\vec{\tau}, \vec{x}); & \tau_y &= \cos(\vec{\tau}, \vec{y}); & \tau_z &= \cos(\vec{\tau}, \vec{z}). \end{aligned} \quad (3)$$

Заметим, что углы наклона судовой поверхности и направляющие косинусы аналитически связаны с помощью следующих равенств между собой:

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_3}}; & n_x &= \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_3}}; \\ n_x &= \frac{\operatorname{tg} \varphi_3}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2 + \operatorname{tg}^2 \varphi_3}}; & n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 &= 1; & \operatorname{tg} \varphi_1 &= \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \varphi_3}. \end{aligned} \quad (4)$$

При продвижении судна ледяной покров прогибается, так как корпус корабля считается недеформируемым. Следует считать, что нагружение ледяного покрова носит кинематический характер. Таким образом, траектория точки контакта и прогиб льда определяются перемещением судна ледового плавания x и углами наклона судовой поверхности в месте контакта. Так как предельные прогибы ледяного покрова много меньше размеров судна, углы наклона поверхности судовой на протяжении всего времени контакта, вплоть до разрушения, можно считать постоянными. С точностью до бесконечно малых более высокого порядка можно считать, что перемещение точки контакта будет происходить только вдоль вертикальной оси. То есть сжатием ледяной пластины в горизонтальной плоскости пренебрегаем. Величина нормальной усилия в точке контакта определяется реакцией ледяной пластины на перемещение ледокола.

Выражение для сил сопротивления разрушению льда форштевнем запишем следующим образом:

$$R_{p_{\phi}} = 11,5 \left(0,215 + Fr_h \operatorname{tg} \varphi_{1\phi} \right) \left[k_{A_{p_{\phi}}} k_{w_{\phi}} k_{p_{\phi}}^2 (1 + f \gamma_{\Gamma_{\phi}}) \frac{h^4}{D \alpha^2} + \frac{1}{3} \gamma_{c_{\phi}} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \varphi_{2\phi}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{2\phi}}} \sqrt{\frac{k_{p_{\phi}}^3}{\sigma_c}} h^3 \right] \alpha, \quad (5)$$

где $Fr_h = v / \sqrt{gh}$ – число Фруда по толщине льда.

Чистое ледовое сопротивление при непрерывном перемещении в сплошном ледяном поле состоит из суммы:

$$R = R_{p_{\phi}} + R_{p_0} + R_0 + R_c. \quad (6)$$

В полученной математической модели R учтены все параметры, существенно влияющие на силы ледового сопротивления: толщину h и механические характеристики ледяного покрова $k_p, \sigma_c, E, \mu, \rho$, толщину h_c и плотность ρ_c снега, коэффициент трения наружной обшивки корпуса о ледяной покров f , ширину судна B и площадь ледяной рубашки Ω , форму корпуса в районе форштевня и безразмерные интегральные характеристики формы носовой оконечности судна ледового плавания, скорость движения v . В данную методику расчета ледового сопротивления входят коэффициенты формы корпуса, являющиеся интегральными характеристиками судовой поверхности в носовой оконечности:

$$\Phi_i = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} f_i(n_x, n_z) d\Omega; \quad (7)$$

$$\Phi_j = \frac{2}{B} \int_0^{B/2} f_j(n_x, n_z) dy. \quad (8)$$

Направляющие косинусы внешней нормали n_x и n_z представляются функциями координат поверхности судна и выражаются с помощью тангенсов углов наклона батоксов, ватерлиний и шпангоутов к главным плоскостям проекций теоретического чертежа корпуса.

Геометрия поверхности судна $u = u(x, z)$ в основном задается графически при помощи теоретического чертежа или плазовыми ординатами в табличной форме. Во всех случаях определение функций Φ_i и Φ_j ведется численным интегрированием, которое довольно трудоемко в ручном варианте

Для снижения объема исходной информации и с целью повышения точности вычислений применяется кубическая сплайн-интерполяция геометрии судовой поверхности перед дифференцированием. В дальнейшем интегрирование по поверхности заменяется интегрированием на плоскости заменой

$$d\Omega = n_z dx dy \quad (9)$$

или $d\Omega = n_y dx dz. \quad (10)$

Для плоского днища и других некоторых районов корпуса представление поверхности корпуса в виде $u = u(x, z)$ теряет однозначность. Решить эту проблему позволяют два подхода. При первом поверхность судна разделяют на области, где поверхность описывается однозначно уравнениями вида $u = u(x, z)$ и $z = z(x, z)$, при во втором ее рассматривают в новой системе координат, полученной поворотом относительно продольной оси на определенный угол.

Результаты расчета представляют значения коэффициентов формы корпуса судна ледового плавания при заданной посадке.

При проектировании качество формы носовой оконечности судна ледового плавания с точки зрения ледопроеходимости определяется минимумом энергетических затрат на преодоление сплошного льда, поэтому повышение качества обводов неразрывно связано с минимизацией ледового сопротивления R .

Уменьшение R при заданных B, v, h , механических характеристиках ледяного покрова связано с уменьшением коэффициентов формы носовой оконечности $\operatorname{tg} \varphi_{1\phi}, \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \varphi_{2\phi}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{2\phi}}}$, $\gamma_{\Gamma_{\phi}}, \gamma_{c_{\phi}}, \Phi_{\text{лт}}, \Phi_c, \Phi_n, \Phi_{\text{нт}}, \Phi_{\text{и}}, \Phi_{\text{ит}}, \Phi_r, \Phi_{\text{рт}}$, а также площади зоны облегаания корпуса льдом $\Phi_{\text{л}}$.

В представленной работе форма корпуса судна учитывается при помощи геометрических функций, представляющих интегральные характеристики судовой поверхности. Для решения поставленной задачи большой интерес представляет метод генерирования теоретического чертежа судна, разработанный В.А. Ковалевым [3]. Используя данный метод, было получено аналитическое описание обводов на основе исходных данных о судне, таких как главные размерения, коэффициенты полноты и т.д. Во время исследования метод В.А. Ковалева был адаптирован к теоретическому чертежу носовой оконечности судна ледового плавания. Для генерирования теоретического чертежа предложен особый подход, где сначала генерируются ватерлинии, а шпангоуты получают геометрическим преобразованием сечения ватерлиний.

В целях проведения вычислительного эксперимента по влиянию параметров формы на ледовое сопротивление разработаны прикладные программы:

- вычисления функций геометрии корпуса и ледового сопротивления;
- генерации теоретического чертежа носовой оконечности.

Генерация теоретического чертежа проводилась с использованием параметрических функций [5, 6]. Показано, что с помощью ограниченного набора параметров формы можно достаточно точно воспроизвести теоретический чертеж подводной части носовой оконечности речного судна ледового плавания. Этими параметрами являются:

- ширина судна по конструктивной ватерлинии (КВЛ);
- осадка судна;
- длина носового заострения;
- длина и положение цилиндрической вставки;
- коэффициент полноты носового заострения;
- коэффициент и характерная форма мидель-шпангоута;
- коэффициент полноты носового заострения КВЛ;
- угол притыкания КВЛ к диаметральной плоскости (ДП) корпуса судна;
- угол наклона форштевня к основной линии (ОЛ) корпуса.

Известно, что оптимальная форма обводов корпуса зависит от ледовых условий, а также от характерных параметров задания на его проектирование (предельная толщина сплошного ледяного покрова, ширина прокладываемого канала и др.). В качестве ледовых условий выбраны «толстый лед» (толщина льда $h = 0,3$ м, скорость хода $v = 1$ м/с) и «тонкий лед» ($h = 0,1$ м, $v = 3,2$ м/с). Физико-механические характеристики ледяного покрова приняты среднестатистическими (плотность льда – $0,9$ т/м³; модуль Юнга – $5 \cdot 10^6$ кПа; коэффициент Пуассона – $0,36$; коэффициент трения льда о корпус – $0,15$).

Из-за того, что сопротивление носового заострения и цилиндрической вставки описывается различными закономерностями [5], при рассмотрении данной задачи анализируется только сопротивление носового заострения.

Результаты расчетов сопротивления для различных углов наклона форштевня φ_1 и притыкания КВЛ к ДП φ_2 приведены на графиках рис. 1 – 4. Для удобства анализа сопротивление представлено в безразмерном виде R/R_0 , где R_0 – сопротивление базовой формы (т/х «Волжский» пр. 05074).

На основании результатов расчетов можно сделать ряд выводов.

Ледовое сопротивление не зависит от угла притыкания КВЛ при движении судна в «тонком льду», если угол наклона форштевня меньше 30° , а также при движении в «толстом льду» при малых углах наклона форштевня 15 и 17° .

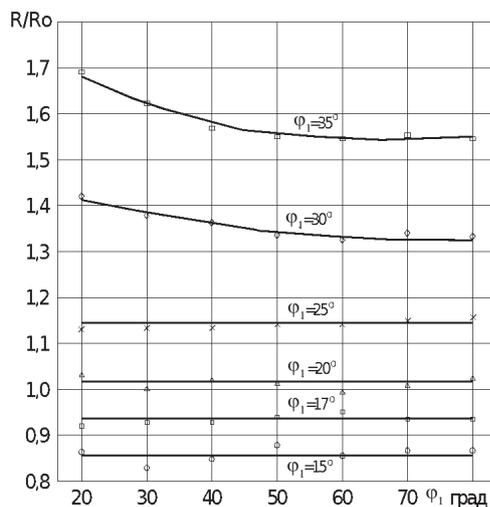


Рис. 2. Зависимости R/R_0 от φ_2 при $h = 0,3$ м, $v = 3,2$ м/с

При углах φ_1 , равных 20° и 25° , сопротивление практически не меняется при увеличении угла притыкания КВЛ к ДП от 50° до 80° . Для больших углов наклона форштевня ледовое сопротивление падает с увеличением угла φ_2 .

При увеличении угла наклона форштевня и фиксированном значении угла притыкания КВЛ к диаметральной плоскости судна ледовое сопротивление также растет, причем наиболее сильно это сказывается при движении транспортов в «тонком льду».

Это можно объяснить противоположными изменениями различных составляющих ледового сопротивления, которые можно проследить с помощью функций геометрии корпуса. Так, при увеличении угла притыкания КВЛ уменьшаются следующие составляющие сопротивления и соответствующие им функции геометрии: сила трения льда о корпус судна при разрушении льда форштевнем, смятие кромок при разрушении льда форштевнем и бортами.

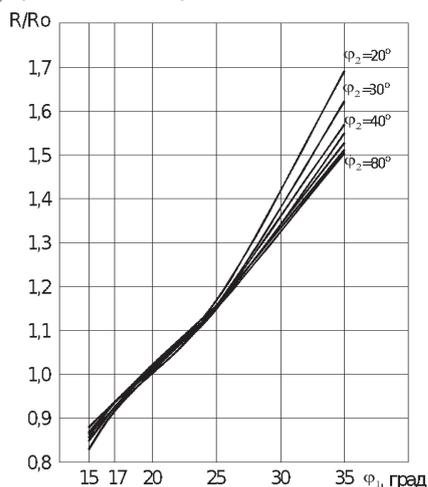


Рис. 3. Зависимости R/R_0 от φ_1 при $h = 0,3$ м, $v = 3,2$ м/с

Одновременно увеличиваются следующие составляющие: сила трения льда о корпус при разрушении льда бортами, инерционная составляющая сопротивления движению обломков (что особенно сказывается при движении с большей скоростью в «тонком льду»). От соотношения изменений этих составляющих ледового сопротивления и зависит его конечное значение.

При увеличении угла наклона форштевня уменьшаются такие составляющие, как сила трения льда о корпус при раз-

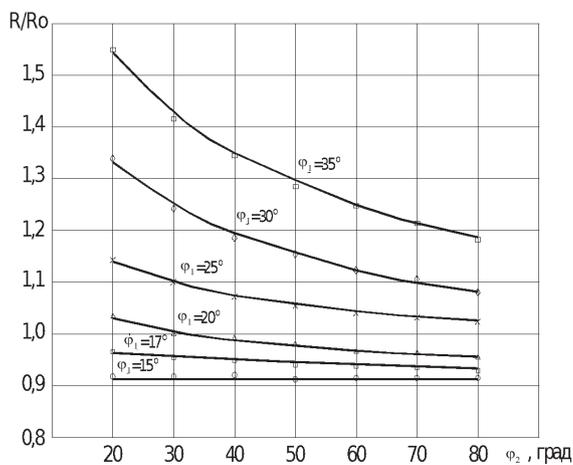


Рис. 4. Зависимости R/R_0 от φ_2 при $h = 0,7$ м, $v = 1,0$ м/с

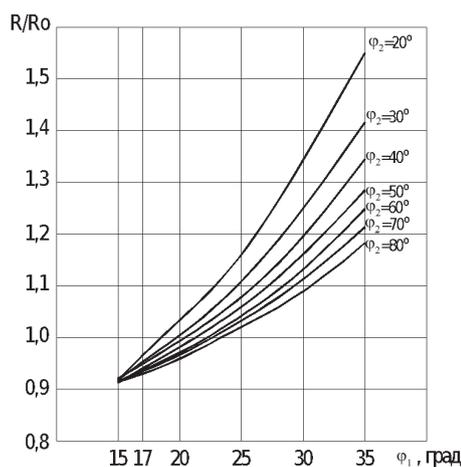


Рис. 5. Зависимости R/R_0 от φ_1 при $h = 0,7$ м, $v = 1,0$ м/с

рушении бортами и форштевнем, но увеличивается смятие кромок, а также скоростные составляющие сопротивления движению обломков, поэтому увеличение сопротивления особенно сказывается на движении ледокола в «тонком льду». Характер графиков, построенных по результатам расчетов, качественно согласуется с данными модельного эксперимента [1, 8], полученными для судов ледового плавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронников А.В. Суда ледового плавания. Особенности проектирования: Учеб. пособие. – Л.: Изд. ЛКИ, 1984. – 38 с.
2. Зуев В.А., Грамузов Е.М. Взаимодействие судов со льдом. – Горький: Горьков. политех. ин-т., 1988. – 89 с.
3. Ковалёв В.А. Новые методы автоматизации проектирования судовой поверхности. – Л.: Судостроение, 1982. – 212 с.
4. Каштейн В.И., Ильчук А.А., Свистунов Б.Н. Эмпирические формулы для оценки ледопроеходимости ледоколов и судов ледового плавания в сплошных льдах. – Теория, прочность и проектирование судов, плавающих во льдах: Межвуз.сб. – Н.Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т., 1995. – С.65–74.
5. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов: Монография. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
6. Ионов Б.П., Грамузов Е.М., Зуев В.А. Проектирование ледоколов: Монография. – СПб.: Судостроение, 2013, с. 512.
7. Каштейн В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. – Л.: Судостроение, 1968. – 238 с.
8. К вопросу об экспериментальном исследовании формы корпуса речного линейного ледокола // Сб. науч. тр. / Горьков. политех. ин-т. – 1960. – Т.14. – Вып.10. – С.7–16. ■

В этой статье мы рассмотрим не сами материалы, а то, как можно упростить и обезопасить обращение с легковоспламеняющимися материалами и жидкостями. По средним оценкам, 1 л эпоксидной судовой краски стоит около 750 рублей с НДС 20%. Для выполнения работ только по нанесению защитных покрытий разного назначения на судно длиной около 100 м затрачивается более 25 000 л дорогостоящих лакокрасочных материалов (ЛКМ). Одним из важнейших аспектов гарантии получения качественного лакокрасочного покрытия, наряду с техническими характеристиками ЛКМ, условиями окраски и подготовкой поверхности, являются надлежащие условия хранения этих материалов. Даже самая идеальная эмаль или грунтовка, обладающая надлежащим комплексом свойств, не является гарантией успешной и качественной окраски поверхности, если не были обеспечены необходимые условия их хранения. Поступающие на строительную площадку ЛКМ обычно расходуют не сразу, а по мере надобности в процессе проведения работ. Поэтому необходимо обеспечить правильное хранение дорогостоящих, а нередко и эксклюзивных ЛКМ, исключаящее порчу их от воздействия осадков, прямых солнечных лучей, деформаций тары, испарения и замораживания-размораживания растворителей.

Это особенно важно потому, что обычно на строительных площадках нет специальных складских помещений, предназначенных для хранения таких материалов.

Все лаки, краски и растворители являются чрезвычайно горючими материалами, большинство паров растворителей легко вспыхивают и могут взорваться при несоблюдении условий хранения. Поэтому складирование любых ЛКМ приравнивается к хранению легковоспламеняющихся и горючих веществ, соответственно, постоянно ведется надзор со стороны пожарного инспектора и за малейшее нарушение выписываются «приличных размеров» штрафы.

В идеале, хранить ЛКМ рекомендуется в плотно закрытых контейнерах, в сухом, прохладном и хорошо вентилируемом месте с температурой около 23 °С, вдали от источников тепла и воспламенения. В этом случае срок хранения ЛКМ будет максимальным, по истечении которого продукт подлежит проверке техническими инспекторами производителя ЛКМ.

Компания ООО «Морфлот-технология» знакома с этими проблемами не понаслышке, так как более 25 лет занимается всем комплексом мер по ан-

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И СМЕШИВАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ 2.0

*С.Г. Филимонов, ген. директор АО «Концерн Морфлот»,
Г.А. Бениц, гл. механик ООО «Морфлот-технология»,
контакт. тел. (812) 622 1031, +7(800)550 8046*

тикоррозионной защите и постоянно решает задачи обеспечения безопасности на производственных площадках. Одной из серьезных проблем для предприятий, где мы трудимся, является организация мест и помещений для хранения ЛКМ, растворителей и иных легковоспламеняющихся (ЛВМ) токсичных материалов. Все выходит из ситуации по-разному: одни закрывают глаза на нее, другие «запрещают», третьи пытаются минимально улучшить положение дел доступными средствами, кому-то везет больше – им достались организованные склады с советских времен, выполненные по нормам, хоть и старым. Однако крупные склады не решают всей проблемы. Как мы знаем из практики судостроения и судоремонта, часто начинают организовывать временные склады поблизости от объекта работ и заказов для обеспечения потребностей в материалах на одну смену или несколько суток работы, от сотен литров до нескольких тонн. Вот тут и начинают сталкиваться интересы различных служб предприятий: пожарных, производителей, заказчиков, подрядчиков, экологов и т.д. Тут-то и случаются ЧП, даже если их причиной становятся не сами ЛКМ, а их расположение в непосредственной близости к огню, отсутствие должной защиты, что усугубляет и без того проблемную ситуацию. Следствие – потеря самих ЛКМ, которые в промышленности стоят дорого и часто изготовлены под заказ.

Несколько лет поиска и формирования самой концепции идеи, анализа норм и требований, действующих в РФ, касающихся нашей проблемы, дали свои плоды. В конце 2015 г. нами в сотрудничестве с ведущим отраслевым конструкторским бюро, специализирующимся на опасных производственных объектах химической отрасли, был закончен важнейший этап по разработке конструкторской документации для «модульной станции смешения и хранения ЛКМ». Речь идет не просто о складе для хранения ЛКМ, а об едином комплексе, отвечающем всем требованиям по обеспече-

нию взрывобезопасности, и о создании системы круглогодичного поддержания условий работы с ЛКМ при соблюдении рекомендаций производителей по их хранению. Такие станции размещаются в непосредственной близости к месту проведения работ для снижения их трудоемкости и исключения ежесуточных отгрузок мелких партий материалов, при этом предусмотрена максимальная автоматизация всех необходимых внутренних процессов, отвечающих за работоспособность станции. Первые станции были успешно поставлены на АО «Северная верфь», где уверенно эксплуатируются с 2016 г. по настоящее время.

Однако прогресс не стоит на месте, и сегодня такие станции выпускаются в обновленном форм-факторе на базе 20-футового морского контейнера High Cube, что позволило существенно улучшить внутреннюю эргономику при обращении с ЛКМ и ЛВЖ, а также условия хранения и смешивания ЛКМ (до 4000 л в различной заводской таре). Для полноценного функционирования станции требуется всего один оператор при его непостоянном пребывании. Для увеличения возможного объема загрузки станции вместо радиальных промышленных вентиляторов взрывозащищенного исполнения было установлено канальное вентиляционное оборудование взрывозащищенного исполнения. Станция включает три различные зоны: хранения и смешивания, автоматики и управления и техническую зону систем безопасности. Для облегчения управления станцией было добавлена функция автоматического поддержания температуры в зоне хранения и смешивания. В системе пожаротушения улучшения произошли за счет применения безопасного для человека хладагона 227ea.

Успешное проведение экспертизы промышленной безопасности и регистрация в Ростехнадзоре дали нам полную уверенность в том, что данное оборудование будет разрешено к использованию по прямому назначению

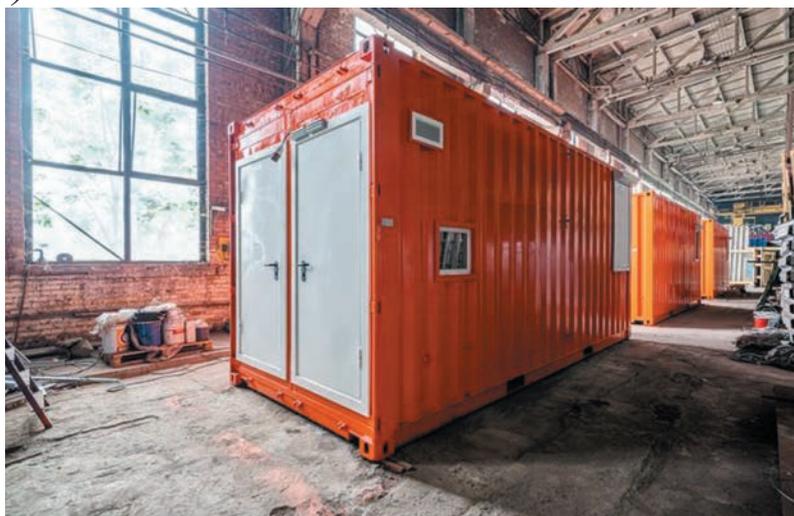
на любых опасных производственных объектах, с соблюдением необходимых норм пожарной и взрывобезопасности. «Модульная станция смешения и хранения ЛКМ» производится компанией «Морфлот-технология» в основном из отечественных комплектующих. Каждой единице присваивается индивидуальный номер, что позволяет оказывать предварительные консультации по эксплуатации без визита на объект. Компания-производитель предоставляет как гарантийное, так и послегарантийное обслуживание и поддержку.

«Модульная станция смешения и хранения ЛКМ» на базе 20-футового морского контейнера типа High Cube по сравнению с капитальными постройками позволяет существенно выиграть в цене – такой вариант строительства экономически выгоден и целесообразен:

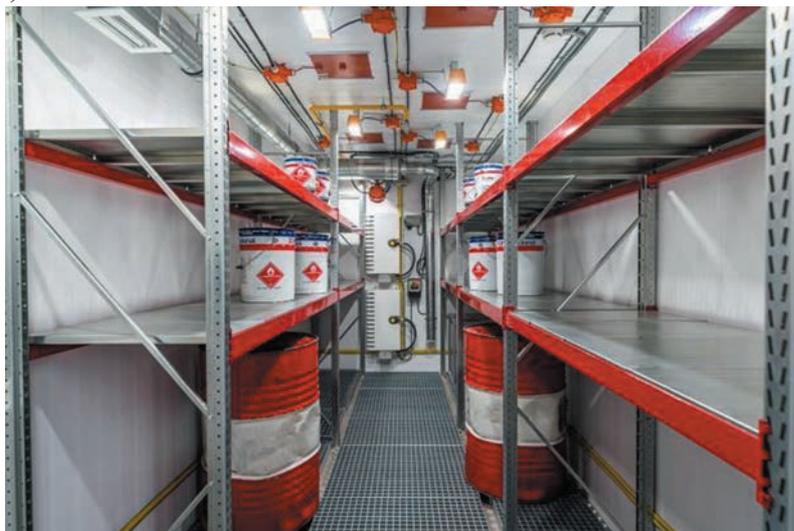
- упрощается оформление документов;
- для ее сборки не требуется применения «серьезной» строительной техники;
- модульное здание считается временной постройкой, поэтому получения разрешения на строительство не требуется;
- станция полностью готова к установке и эксплуатации практически сразу после выгрузки (нужно лишь собрать молниеотвод и подключить питание);
- для установки станции не требуется устройство основательного фундамента;
- станция рассчитана на эксплуатацию в разных климатических зонах (модули оснащаются теплоизоляцией, защищают помещение как от холода, так и от жары);
- предусмотренный постоянный автоматический температурный режим внутри модульной станции гарантирует сохранность качеств ЛКМ;
- все системы выполнены во взрывобезопасном исполнении;
- мобильность – это один из ключевых плюсов модульной станции, при желании ее переноса потребуются всего несколько часов;
- возможность установки модульной станции в непосредственной близости к месту проведения работ;
- подходит для транспортировки любым из существующих видов транспорта, перевозящих 20-футовые морские контейнеры.

Нашу продукцию уже оценили несколько предприятий и успешно используют в своем производственном процессе. Будем рады модернизировать и ваше предприятие. ■

а)



б)



в)



Модульная станция смешивания и хранения ЛКМ на базе 20-футового морского контейнера High Cube: а – внешний вид, б и в – вид внутри

Тенденции экономического развития сегодня так или иначе связаны с динамично развивающимися компьютерными технологиями и тотальной цифровизацией технологических и измерительных процессов. Широкое использование цифровых технологий при решении измерительных задач при оценке геометрических параметров стало возможным благодаря появлению лазерных трехкоординатных информационно-измерительных приборов.

Преимущества применения вышеупомянутых приборов для реализации измерительных задач в судостроении не вызывают сомнений, однако следует заметить, что уровень внедрения лазерных измерительных приборов и разработанных на их основе технологий выполнения измерительных операций на сегодняшний день не позволяет в полной мере задействовать их огромные потенциальные возможности. В связи с изложенным поиск новых концептуальных подходов к реализации неиспользованных возможностей лазерных приборов путем создания на их основе информационно-измерительных систем в судостроении очевиден и, помимо повышения точности оценки геометрических параметров может способствовать решению других принципиально новых задач современного судостроения.

Обратимся к использованию виртуальной сборки изделий при строительстве и насыщении судов. Некоторые изделия имеют значительное количество сборочных единиц (иными словами, сопрягаемых элементов), большие массогабаритные характеристики и изготавливаются при участии нескольких предприятий, поставляющих соответствующие сборочные единицы из разных регионов. Технология производства таких изделий подразумевает под собой обязательную контрольную сборку каждого изделия перед отправкой заказчику. Такие условия производства сопровождаются высокой чувствительностью производственного процесса к любым срывам сроков поставки сборочных единиц или их несоответствию требованиям конструкторской документации, что ведет к простоям в процессе контрольной сборки всего изделия и (или) существенному увеличению объема пригоночных работ.

Вопрос может быть решен следующим образом: имея в распоряжении трехмерную теоретическую модель любой сборочной единицы и данные ее лазерного сканирования можно в короткие сроки выявить и устранить все несоответствия геометрических параметров этой сборочной единицы на территории предприятия-изготовителя. Однако даже соответствие требованиям конструкторской документации всех сбо-

УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ КОНТРОЛЬНОЙ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

*Е.В. Купреев, вед. инженер-технолог,
К.В. Цветков, аспирант СПбГЭТУ «ЛЭТИ», инженер-технолог,
О.В. Сыркова, канд. хим. наук, инженер-метролог, АО «ЦТСС»,
контакт. тел. 8(904)634 6550, 8(921)325 5189, 8(921)980 4622*

рочных единиц не исключает необходимости пригоночных работ при сборке изделия. Кроме того, часть пригоночных работ может быть выполнена избыточно: так, доработка сопрягаемых поверхностей двух элементов, не удовлетворяющих требованиям конструкторской документации, но имеющих компенсирующие друг друга неровности, исключает возможность компенсации «этих неровностей» друг другом, например, компенсации впадины выпуклостью.

В связи с этим целесообразность виртуальной сборки вышеупомянутых изделий при строительстве и насыщении судов представляется очевидной и становится возможной при комплексном подходе к оценке геометрических параметров всех сборочных элементов изделия, позволяющем минимизировать количество доработок. Так, при сравнении данных лазерного сканирования и трехмерных теоретических моделей всех сопрягаемых элементов изделия посредством анализа отклонений появляется возможность не только оценки геометрии каждой сборочной единицы, но и их сборки, а также расчета объема доработок каждого сборочного элемента.

Таким образом, виртуальная контрольная сборка изделий с использованием результатов лазерного сканирования всех сопрягаемых элементов, помимо исключения операций поиска необходимой площадки для физической контрольной сборки изделия, транспортировки комплектующих на эту площадку, предоставляет возможность предварительной оценки собираемости изделия и осуществления пригоночных работ на территории тех предприятий, на которых эти единицы изготавливаются. Рассматриваемый авторами вариант виртуальной сборки основывается, как уже упоминалось, на использовании результатов расчета отклонений данных лазерного сканирования относительно теоретической модели.

В данной статье рассмотрены вопросы применимости данных лазерного сканирования для виртуальной контрольной сборки при сравнении трехмерной теоретической модели с результа-

тами сканирования. Для обеспечения корректности, по мнению авторов, требуется выполнение нескольких условий:

- минимизация объема данных, используемых при выполнении виртуальной сборки, вследствие того, что исходная информация, полученная по результатам лазерного сканирования, может занимать до нескольких Тб;
- наличие однозначной интерпретации результатов расчетов и четкая их привязка посредством идентификации к элементам сборки для возможности доработки готовой конструкции на производстве без дополнительных операций;
- возможность оценки достоверности результатов расчета контролируемых зон, основанная на статистическом анализе данных;
- возможность оценки разницы теоретического и фактического зазоров в процессе виртуальной сборки.

Первым этапом виртуальной сборки является подготовка теоретической модели каждой сборочной единицы. На этом этапе для удобства дальнейшей обработки модель максимально упрощается и приводится к системе координат изделия. В модели целесообразно оставить только те наружные поверхности элементов (рис. 1), которые будут необходимы для привязки облака точек к трехмерной модели и расчета откло-

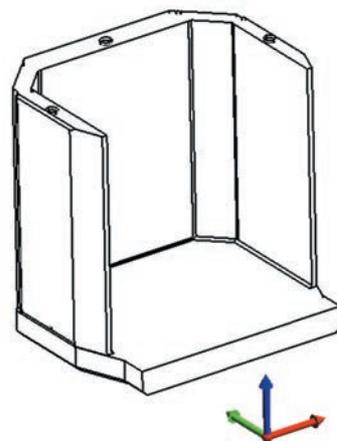


Рис. 1. Пример упрощенной трехмерной модели

нений, используемых с целью анализа геометрии сборочного элемента.

Подготовка теоретической модели для сравнения с данными лазерного сканирования заключается в построении теоретических контрольных точек (далее контрольных точек), лежащих на контролируемых поверхностях теоретической модели. Для получения сети контрольных точек необходимо построение нескольких наборов секущих параллельных плоскостей, при этом плоскости разных наборов не параллельны друг другу. Наборы секущих плоскостей, используемые для создания контрольных точек на выбранной поверхности, задаются следующим образом: первый набор параллельных плоскостей, отстоящих друг от друга на заданном расстоянии (расстояние выбирается исходя из требуемой плотности контроля геометрии), должен быть перпендикулярен поверхности, на которой выполняется построение контрольных точек, второй набор должен быть перпендикулярен как поверхности, так и первому набору плоскостей. Таким образом, секущие плоскости задаются двумя аналогичными наборами секущих плоскостей при условии их взаимной перпендикулярности, построенными перпендикулярно поверхности модели сборочного элемента, на которую будет наноситься часть сети контрольных точек (рис. 2, а).

Каждой из плоскостей набора присваивается уникальный идентификатор, представляющий собой набор букв и цифр, позволяющий однозначно определить ее положение в системе координат теоретической трехмерной модели сборочного элемента. К примеру, плоскостям перпендикулярным оси OX присваиваются идентификаторы вида: X1, X2 и т.д., идентификация плоскостей, перпендикулярных OY и OZ, аналогична, а идентификация плоскостей, расположенных под определенным уг-

лом относительно системы координат модели, указывает на этот угол: Y45_1, Y45_2 и т.д.

Пересечение двух секущих плоскостей дает линию, направленную по нормали к одной или нескольким поверхностям сопрягаемого элемента. На пересечении указанной нормали и одной из поверхностей сопрягаемого элемента, выбранной нами для получения на ней контрольных точек, строится искомая точка (рис. 2, б).

По нормали к контрольной точке в направлении от выбранной поверхности строится вторая точка – офсетная. Расстояние между офсетными и соответствующими им контрольными точками удобнее всего задать постоянным.

Аналогично плоскостям, каждая контрольная точка идентифицируется собственным уникальным идентификатором, представляющим собой набор букв и цифр. При этом в соответствии с рис. 3, контрольная и офсетная точки наследуют родительские идентификаторы (идентификаторы секущих плоскостей). Исходя из того, что секущие плоскости могут задавать нормаль для нескольких поверхностей, получаемые контрольные и офсетные точки необходимо дополнительно идентифицировать по принадлежности к конкретной поверхности элемента. Таким образом, в базе данных проводится деление на группы точек, где точки группируются по принадлежности к поверхностям сборочного элемента. Так как линия, полученная пересечением плоскостей Y91 и X62 (см. рис. 3), проходит перпендикулярно поверхности surf18, точка X62Y91 входит в группу surf18. Та же линия при пересечении поверхности surf78 дает одноименную точку, входящую в группу surf78.

На этом этапе подготовки теоретической модели завершается, результатом которого является упрощенная теоре-

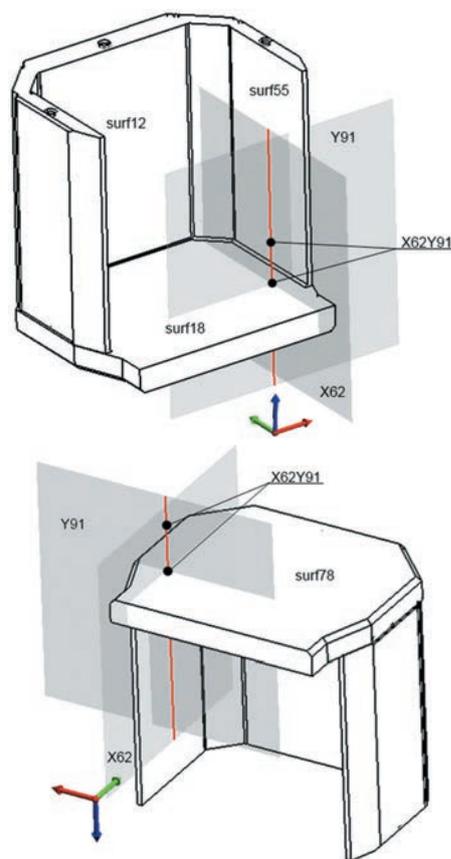


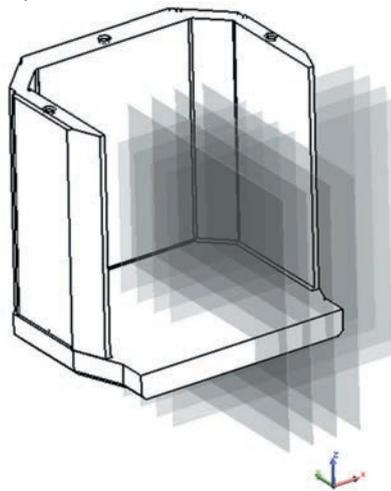
Рис. 3. Построение офсетной точки и группировка точек по принадлежности к поверхности

тическая модель, сеть контрольных и офсетных точек.

Второй этап в процессе виртуальной сборки – это обработка данных лазерного сканирования. На практике подавляющее большинство объектов невозможно измерить (отсканировать) с одного места установки средства измерений. Следовательно, после измерений с разных мест установки средства измерений мы имеем дело с разобщенными наборами данных (рис. 4, а).

На данный момент существует достаточное количество программных пакетов, позволяющих с высокой достоверностью реализовать слияние облаков точек, измеренных с разных мест установки лазерного сканера. Алгоритм действий пользователя подобных программ очевиден: в программное обеспечение (далее – ПО) импортируются данные измерений лазерного сканера, затем «сшивкой» облаков точек с автоматическим анализом рассогласования областей облаков, принадлежащих одной и той же части объекта, измеренного с разных мест установки средства измерений, и итерационным пересчетом коэффициентов матрицы трансформаций системы координат или расчетом коэффициентов этой матрицы по координатам точек специальной метрологической сети, заданной специальными маркерами, выполняется сведение всех данных измерений в единый массив. Из объеди-

а)



б)

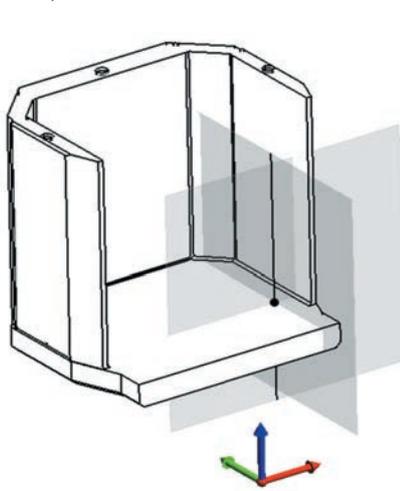


Рис. 2. Построение двух наборов секущих плоскостей (а) и контрольной точки на поверхности модели (б)

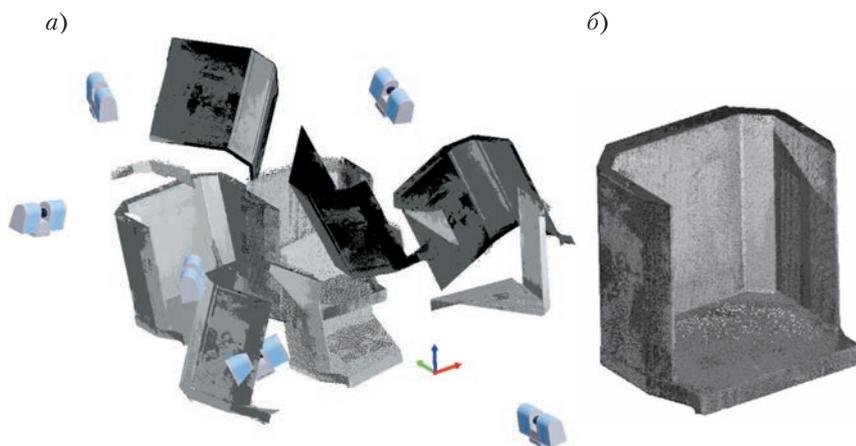


Рис. 4. Графическое представление облака точек до обработки (а) и после сведения всех данных в единую систему координат и удаления посторонних объектов (б)

ненного облака точек удаляются данные, заведомо не принадлежащие объекту измерений (посторонние конструкции, попавшие в зону измерений) (рис. 4, б).

Третий этап виртуальной сборки — это получение отклонений геометрии. В ПО загружается трехмерная теоретическая модель сборочного элемента, содержащая контролируемые поверхности, контрольные и офсетные точки. Облако точек можно совмещать с моделью с использованием различных подходов в зависимости от конструктивных особенностей элементов и их предназначения. Один из подходов может быть основан на использовании базовых элементов (следов базовых плоскостей и проч.), дающих полную информацию о расположении измеренного (отсканированного) сборочного элемента в готовом изделии. Тогда базовые элементы однозначно задают систему координат элемента сборки и расчет коэффициентов трансформации матрицы преобразований для данных измерений сводится к расчету рассогласования системы координат модели и системы координат данных измерений.

Иной подход заключается в совмещении модели и данных сканирования методом наименьших квадратов, при котором решающую роль играют расстояния между точками облака и поверхностями теоретической трехмерной модели, тогда облако точек, представляющее реальный сборочный элемент, совмещается со своей теоретической трехмерной моделью с минимальными расхождениями.

Чаще всего для решения задачи виртуальной сборки предпочтителен метод наименьших квадратов, реализованный в использованном авторами для обработки данных сканирования ПО. Графическое изображение результата совмещения облака точек с моделью представлено на рис. 5.

Для контроля геометрии, заключающегося в получении отклонений данных измерений относительно теоретической

модели, в контрольных точках производятся выборки из облака точек. Выборка представляет собой группу точек, все точки которой находятся внутри сферы заданного радиуса (радиус не должен

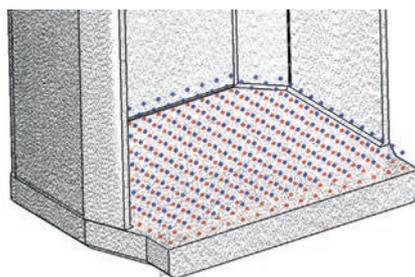


Рис. 5. Графическое представление результатов совмещения облака точек, модели и контрольных точек (синим цветом обозначена группа офсетных точек, красным — контрольных)

превышать половины расстояния между секущими плоскостями) с центром в контрольной точке (рис. 6).

В связи с тем, что при выборке точек из облака данным способом могут быть захвачены точки, измеренные на дру-

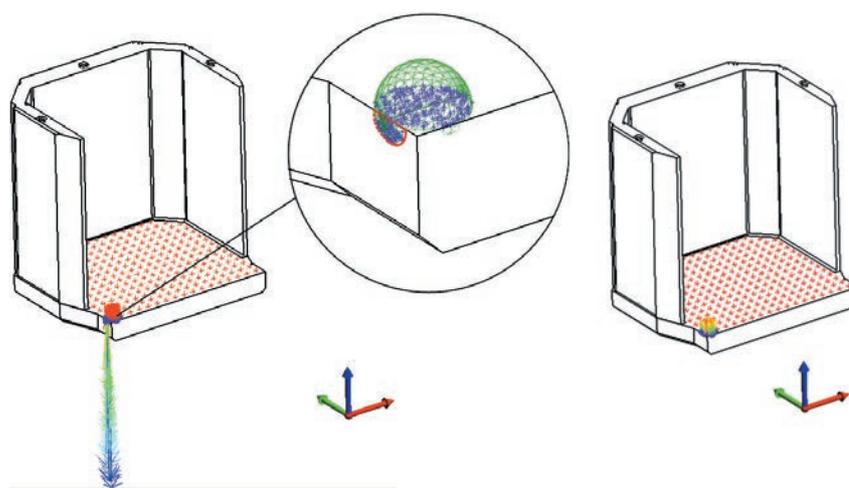


Рис. 7. Графическое представление векторов отклонений выборки точек относительно поверхности теоретической модели до обработки алгоритмом (часть точек выборки измерена на другой поверхности) (а) и после удаления отклонений на основе статистического анализа (б)

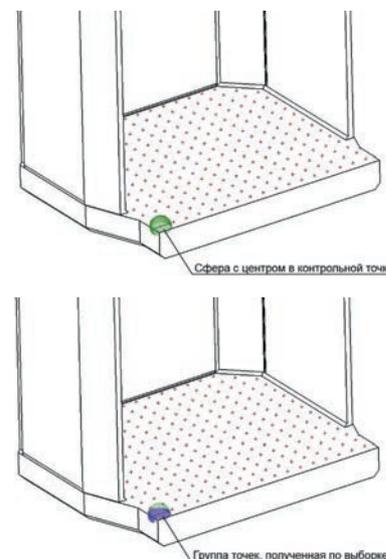


Рис. 6. Графическое представление получения выборки по облаку точек

гих поверхностях, предлагается проводить статистическую оценку достоверности результатов расчета отклонений. По каждой точке выборки выполняется расчет отклонений относительно теоретической модели (рис. 7, а), оценивается среднеквадратическое отклонение (далее — СКО) всей выборки.

Для удаления статистических выбросов использовался разработанный авторами алгоритм, основанный на задании максимального проходного значения СКО для выборки группы точек при условии нормального закона распределения случайных величин. При выборе максимального проходного значения СКО следует учитывать прежде всего инструментальную погрешность средства измерений и чистоту обработки поверхностей элемента.

СКО, превышающее установленное максимальное значение, обрабатывается с применением указанного алгоритма. Данный подход позволяет исключить из

выборки точек не только грубые промахи, но и попадание сторонних элементов в том числе временных подкреплений и сварочных швов. Отбраковка точек происходит путем нахождения диапазона отклонений, в который входит более 70% от общего их количества (рис. 8).

Принцип действия разработанного алгоритма заключается в нахождении максимального и минимального значений отклонений выборки, далее в нахождении максимального разброса значений как разницы между максимумом и минимумом. Затем происходит заполнение одномерного массива:

$$n = \left[\frac{\Delta_i - \Delta_{\min}}{N} \right],$$

$$M_n = M_n + 1,$$

где N – размерность массива; n – номер элемента в массиве; Δ – величина отклонения точки выборки относительно теоретической модели; M – одномерный массив.

Заполненный одномерный массив характеризует распределение величин отклонений на всем диапазоне принимаемых значений. Максимальный элемент массива соответствует пику на графике (см. рис. 8). От максимального элемента в обе стороны начинают суммироваться смежные элементы массива до тех пор, пока их сумма элементов не удовлетворит условию

$$E \geq 0,7T,$$

где E – сумма элементов массива; T – количество точек в выборке.

Точки, не попавшие в указанный диапазон, удаляются, после чего происходит повторный расчет СКО. В случае, если СКО все еще превышает максимальное значение, производится перезапуск алгоритма с учетом предыдущего удаления точек из выборки. Результат работы алгоритма представлен на рис. 7, б.

В качестве меры достоверности полученного результата предлагается отношение конечного количества точек выборки к исходному. При значениях менее 0,1 результат считается недостоверным, но из дальнейшей обработки не исключается. Исключение данных с низкой достоверностью проводится на этапе принятия решения о доработке элементов изделия по результатам виртуальной сборки на основании анализа соседних отклонений (линейная аппроксимация).

После удаления статистических выбросов становится возможным построение точки на линии, заданной контрольной и офсетной точками, представляющей данные о реальной геометрии сопрягаемого элемента в данной области – точки отклонения формы. Точка отклонения формы лежит на указанной линии, при этом длина отрезка, заданного контрольной точкой и точкой отклонения формы сборочного элемента, равна

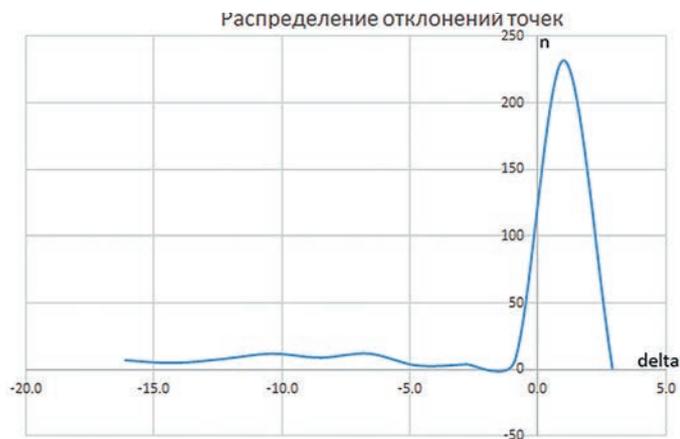


Рис. 8. График распределения отклонений точек выборки относительно поверхности модели (n – число точек, $delta$ – отклонение)

среднему арифметическому отклонений точек выборки с учетом знака (рис. 9, а).

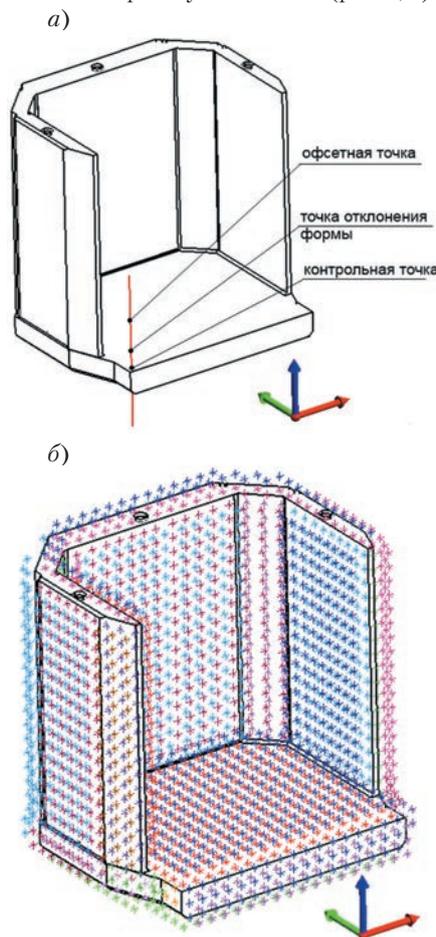


Рис. 9. Получение точки отклонения формы (а) и графическое представление результата обработки данных лазерного сканирования на одной из поверхностей сборочной единицы (б)

После обработки всех данных, полученных по результатам лазерного сканирования сборочного элемента (см. рис. 9, б) появляется возможность проверки его фактической геометрии на соответствие требованиям конструкторской документации в равноудаленных контрольных точках.

Расчет отклонений для проверки соответствия требованиям конструкторской документации производится

путем нахождения расстояния между контрольной точкой и точкой формы, знак, определяющий выпуклость или вогнутость конструкции, зависит от расположения офсетной точки.

Итоговый массив данных, применяемый в дальнейшем для виртуальной сборки, после обработки представляет собой уже не теоретическую трехмерную модель и облако точек, а три упорядоченных массива точек, расположенных равноудаленно по всем контролируемым поверхностям элемента сборки: группы контрольных и офсетных точек, а также группы точек отклонений формы.

Четвертый этап виртуальной сборки – создание базы данных, содержащей все требуемые элементы изделия. Совокупность групп точек, содержащих три набора координат, полученных при обработке данных лазерного сканирования является точечной моделью элемента виртуальной сборки. Каждая точка сборочной единицы представлена в виде своего идентификатора, координат контрольной точки, точки офсета, точки отклонения формы и достоверности результата расчета отклонений выборки. Иными словами, каждая точка элемента сборки имеет расширенное значение и состоит из своего идентификатора, контрольной составляющей, офсетной составляющей, составляющей отклонения формы, оценки достоверности результатов расчета и сохраняет принадлежность к группе (поверхности).

Анализ собираемости изделия производится на основании расчета зазоров между сопрягаемыми поверхностями элементов. Алгоритм поиска сопрягаемых поверхностей двух сборочных элементов осуществляется ступенчато. Сначала находится соответствие идентификаторов точек, что означает нахождение поверхностей параллельных друг другу, затем оценивается расстояние между контрольными точками, если оно меньше установленного максимального

ного значения (максимально возможный теоретический зазор, заложенный в трехмерной модели), поверхности считаются смежными (сопрягаемыми), и происходит расчет величины зазора между соответствующими точками по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \Delta_T &= XYZ_{of} - XYZ_t, \\ \Delta_F &= XYZ_f - XYZ_t, \\ l_f &= k|\Delta_F|, k = \pm 1, \\ k &= -1, \text{ если } X_{\Delta T} \cdot X_{\Delta F} < 0 \text{ или } \\ Y_{\Delta T} \cdot Y_{\Delta F} < 0 \text{ или } Z_{\Delta T} \cdot Z_{\Delta F} < 0, \\ L_t &= |XYZ_{t1} - XYZ_{t2}|, \\ L_F &= L_t - l_{f1} - l_{f2}, \end{aligned}$$

где Δ_T – вектор отклонения офсетной составляющей относительно теоретической; Δ_F – вектор отклонения фактической составляющей относительно теоретической; XYZ_{of} – координаты офсетной составляющей точки, XYZ_t – координаты теоретической составляющей точки; XYZ_f – координаты составляющей отклонения формы; l_f – величина отклонения реального сборочного элемента относительно теоретической модели в данной точке; $X_{\Delta T}$ – координата X вектора Δ_T ; $Y_{\Delta T}$ – координата Y вектора Δ_T ; $Z_{\Delta T}$ – координата Z вектора Δ_T ; L_t – величина теоретического зазора; XYZ_{t1} , XYZ_{t2} – координаты теоретических составляющих точек сопрягаемых поверхностей первого и второго элемента соответственно; L_F – величина фактического зазора между точками сопрягаемых поверхностей двух элементов; l_{f1} , l_{f2} – величины отклонений формы реального сборочного элемента в данной точке для первого и второго элементов соответственно.

В результате расчетов получают значения теоретического и фактического зазоров. Отрицательное значение зазора свидетельствует о наложении конструкций друг на друга.

Данный подход позволяет выполнить расчет величины зазора в контрольных точках между смежными поверхностями двух сопрягаемых элементов и отклонение формы каждого элемента относительно теоретического значения, изменяя при этом пространственное положение элементов сборки относительно своего теоретического положения, тем самым подбирая оптимальное их расположение для уменьшения объема пригоночных работ.

Матрица преобразования координат применяется только к координатам составляющей отклонения формы сборочного элемента, которые после пересчета проецируются на нормаль, заданную координатами контрольной и офсетной составляющих точки элемента сборки. Это обеспечивает достаточную достоверность результатов расчета, сохраняя при этом корректность определения зазора между сопрягаемыми поверхностями элементов. Пересчет пространственного

положения элемента сборки проводилась с применением следующих формул:

$$\begin{aligned} XYZ_m &= XYZ_f \cdot M_T + T, \\ \Delta_T &= XYZ_{of} - XYZ_t, \\ \Delta_M &= XYZ_m - XYZ_t, \\ K &= \frac{\Delta_T \cdot \Delta_M}{|\Delta_T|^2}, \\ XYZ_{f'} &= K \cdot \Delta_T + XYZ_t, \end{aligned}$$

где XYZ_m – координаты составляющей отклонения формы после изменения пространственного положения элемента; XYZ_f – координаты составляющей отклонения формы; M_T – матрица поворота, применяемая для изменения пространственного положения элемента; T – вектор линейного смещения, применяемый для изменения пространственного положения элемента; Δ_T – вектор отклонения офсетной составляющей точки относительно теоретической; XYZ_{of} – координаты офсетной составляющей точки, XYZ_t – координаты

мени оптимизировать положение ее элементов между собой с наглядной оценкой величин доработок и собираемости всей конструкции (рис. 10).

По результатам виртуальной сборки для окончательного анализа, принятия решений по доработке элементов и передачи данных производству целесообразно составление сводной итоговой таблицы, содержащей все необходимые данные. При этом выбирается минимальная величина достоверности из соответствующих значений для пары точек, используемых при расчете зазора.

В работе учтено и проанализировано выполнение условий, необходимых, по мнению авторов, для использования результатов лазерного сканирования сборочных единиц при виртуальной контрольной сборке изделия с использованием мощностей стандартного компьютера и достаточно простых алгоритмов обработки данных.

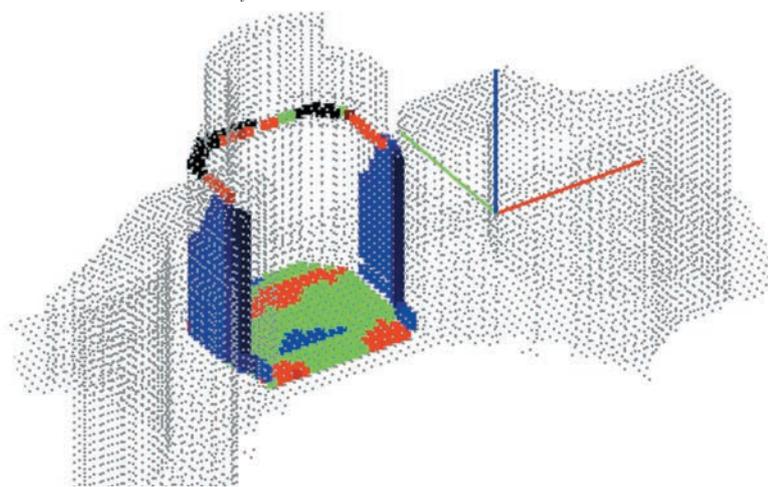


Рис. 10. Графическое изображение результатов виртуальной сборки (синим цветом выделены точки с увеличенным зазором, красным – наезд конструкции, зеленым – нормальный зазор)

Пример итоговой таблицы

Элемент №1	Поверхность элемента №1	Элемент №2	Поверхность элемента №2	Имя точки	X _{теор.} мм	Y _{теор.} мм	Z _{теор.} мм	Δ _{теор.} мм	Δ _{факт.} мм	Достоверность
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y76_Z47	440,0	1310,0	50,0	2,0	2,3	0,480
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y76_Z48	440,0	1310,0	100,0	2,0	2,1	0,427
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y77_Z47	440,0	1360,0	50,0	2,0	2,1	0,460
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y77_Z48	440,0	1360,0	100,0	2,0	1,7	0,440
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y78_Z47	455,1	1410,0	50,0	2,5	1,6	0,667
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y78_Z48	455,1	1410,0	100,0	2,5	1,7	0,327
El N35	Surf-8	El N18	Surf-87	Y79_Z47	473,8	1460,0	50,0	2,0	1,2	0,707

ЛИТЕРАТУРА

- Ильин, В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия: учеб. Для вузов. – 7-е изд., стереотип – М.: Физматлит, 2004. – 224 с.
- Цветков К.В., Кипреев Е.В., Сыркова О.В., Силицкий В.А., Мылюев С.В. Использование лазерного проектора в составе измерительно проекционного разметочного комплекса в судостроительном производстве // Морской вестник. – 2020. – №2. – С.60–66. ■

На протяжении 50 лет ЗАО «ЦНИИ СМ» разрабатывает различные виды техники для судостроительной отрасли. Многолетний опыт создания глубоководных устройств позволил специалистам института приступить к новой работе по созданию погружного бурового комплекса (ПБК) (рис. 1).

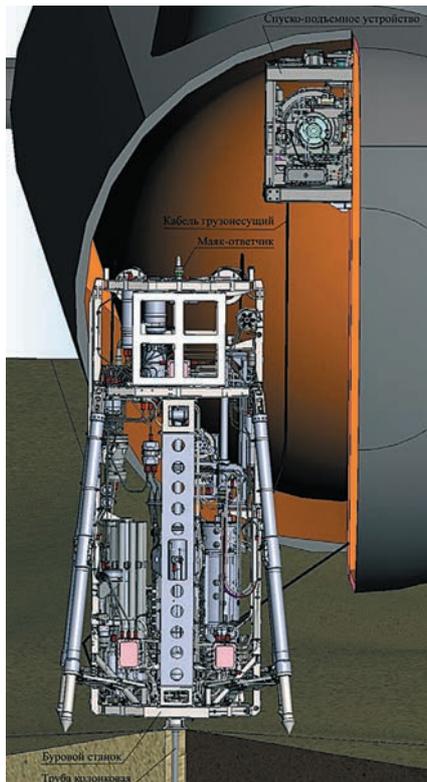


Рис. 1. Бурение погружным буровым комплексом

Ряд развитых стран, таких как США, Великобритания, Германия, Австралия и Россия, заинтересованных в исследованиях морского дна, достаточно давно и весьма успешно ведут разработку и изготовление буровых комплексов [1] с применением технологий и оборудования для наземного бурения, адаптированных для глубоководных исследований (см. таблицу).

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ БУРОВОГО СТАНКА ПОГРУЖНОГО БУРОВОГО КОМПЛЕКСА

П.П. Селота зам. главного конструктора,
К.С. Скулябин, инженер-конструктор 1-й категории, ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 1051

Отечественные изготовители известны разработкой глубоководных буровых установок ГБУ-1, ГБУ-1-2, ГБУ-3, ГБУ-6/4000 с диаметрами бурения до 112 мм, глубиной бурения от 1 до 6 м. Принципиально новой отечественной разработкой является первый, серийно изготавливаемый технологический комплекс ТК-15 с глубиной погружения до 4000 м, глубиной бурения до 15 м, использующий снаряды со съёмными керноприемниками (ССК) диаметром 76 мм [5].

Все указанные буровые установки являются спускаемыми с надводных многоцелевых исследовательских судов. Безусловно, в мировой практике уже встречались буровые комплексы, устанавливаемые на глубоководных аппаратах, такие как «Rocdrill» [2], на базе необитаемого телеуправляемого аппарата «Triton T200», но их сравнительно небольшой размер не позволяет решать задачи, поставленные перед ПБК.

Использование буровой установки, базирующейся на научно-исследовательской подводной лодке (НИПЛ), дает возможность проводить буровые работы в подводном положении без выхода на поверхность воды, выбирать площадки бурения и выполнять постановку на них комплекса на сложных участках дна, осуществлять дистанционное управление, находясь в непосредственной близости от участка бурения, включать в состав выгружаемого бурового станка необходимое количество бурового инструмента (БИ) колонкового бурения типа ССК-76 [3].

Буровой модуль (БМ), рассчитанный на глубину погружения до 4,5 км, является заборной частью ПБК и устанавливается внутри легкого корпуса НИПЛ. Масса модуля на суше – 5 т, при этом вес бурового станка (БС) в воде составляет 25 кН. Во время применения по назначению НИПЛ отслеживает и корректирует свое положение относительно БС (рис. 2), используя активный маяк-ответчик, установленный на раме. Электропитание и управление осуществляются с борта НИПЛ через грузонесущие кабели, намотанные на барабаны спуско-подъемного устройства (СПУ) и БС таким образом, чтобы обеспечить безотказную работу комплекса. При этом для корректной работы электрическая энергия, поступающая в станок, должна быть мощностью 30 кВт и напряжением 600 В постоянного тока.

Большая часть электроэнергии расходуется на электродвигатель вращателя с целью создания момента, равного 200 Н м, при этом усилие, развиваемое гидроцилиндром подачи (ГЦП), может

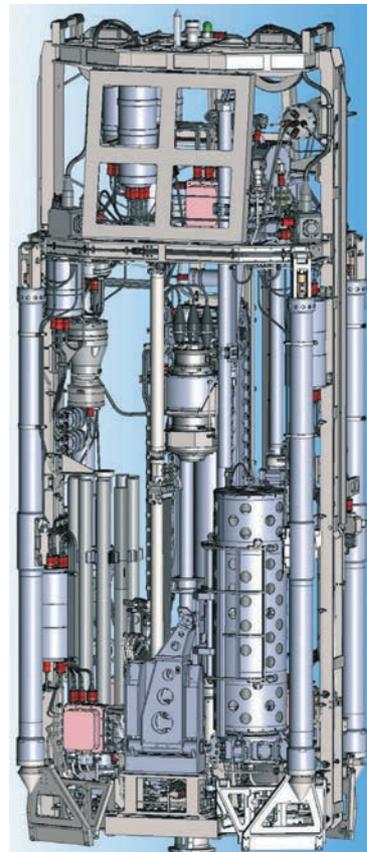


Рис. 2. Буровой станок в положении перед бурением

Зарубежные буровые установки

Таблица

Наименование буровой установки	Разработчик, оператор	Тип	Глубина, м	
			погружения	бурения
5-m Seabed Rocdrill RD1	British Geological Survey (BGS)	Одиночный буровой снаряд + вибратор	2000	5
Benthik Multi-coring System (BMS) RD2	British Geological Survey (BGS)	Набор буровых снарядов, колонковое вращательное	3500	15
BRIDGE	British Geological Survey (BGS)	Одиночный буровой снаряд для взятия керна	5500	1
MeBo	Marum-Cetnter, Бремен, Германия	Набор буровых снарядов, колонковое вращательное	2000	75
Benthik Multi-coring System (BMS)	Williamson and Associates, Inc, США, для Metals Mining Agency, Япония	Набор буровых снарядов, колонковое вращательное	6000	30
Portabele Remontely Operated Drill (PROD)	Williamson and Associates, Inc, США, для консорциума Benthik GeoTech Pty Ltd, Австралия	Набор буровых снарядов, колонковое вращательное, набор дополнительных датчиков	2000	125

достигать 2 т для обеспечения режимов бурения. Оставшаяся энергия поступает в блок питания забортный (БПЗ), преобразуется до необходимых значений и распределяется по потребителям.

Забортная аппаратура управления обрабатывает информацию, получаемую со всех устройств, обеспечивающих работу комплекса, а также осуществляет управление и контроль команд, поступающих от оператора ПБК, находящегося на борту НИПЛ.

Источником гидравлической энергии бурового станка является агрегат насосный погружной (НАП), обеспечивающий подачу 10 л/мин. Общий объем рабочей жидкости (МГЕ-10А), заливаемой через коробку заправочную (КЗ), составляет 50 л. Для разгрузки гидросистемы установлен десятилитровый компенсатор давления (КД) с датчиком положения мембраны.

Гидросистема бурового станка в целях уменьшения расхода на холостом ходу построена по принципу отключаемых коробок электрогидравлических (КЭГ). Процесс бурения складывается из последовательных действий, таким образом для решения всех задач, поставленных перед ПБК, достаточно поочередно включать соответствующие механизмы. Например, для выполнения операции «выгрузка контейнера» гидросистема подается на КЭГ4, а КЭГ1, КЭГ2, КЭГ5 остаются незадействованными. Одновременно с КЭГ4 запитывается КЭГ3, таким образом становятся доступными операции «разворот контейнера» и «подача керноприемников». При работе манипулятора подачи труб включается КЭГ1, а КЭГ2 – КЭГ5 отключены. Основной и самой продолжительной операцией в работе комплекса является «бурение». Механизмы, осуществляющие данный режим, получают питание от КЭГ2.

Сравнительно малый объем системы провоцирует ускоренный нагрев рабочей жидкости при испытании БС на воздухе. Для устранения этой проблемы в гидросистему БС введены коллекторы подключения: системы очистки и охлаждения (КСО), а также принудительного охлаждения вращателя, НАП и агрегата насосного мембранного (АНМ), обеспечивающего подачу 10 – 40 л/мин и осуществляющего поступление промысловой жидкости (морская вода) на забой [6] скважины. После рассмотрения потребителей и блоков, осуществляющих их гидро- и электропитание, можно представить обобщенный алгоритм работы ПБК.

Опоры выдвижные (ОВ) (рис. 3) совместно с механизмами раскладывания (МРО) и гидроцилиндрами выдвижения (ГЦВО), закрепленные на раме БС, можно условно выделить в меха-

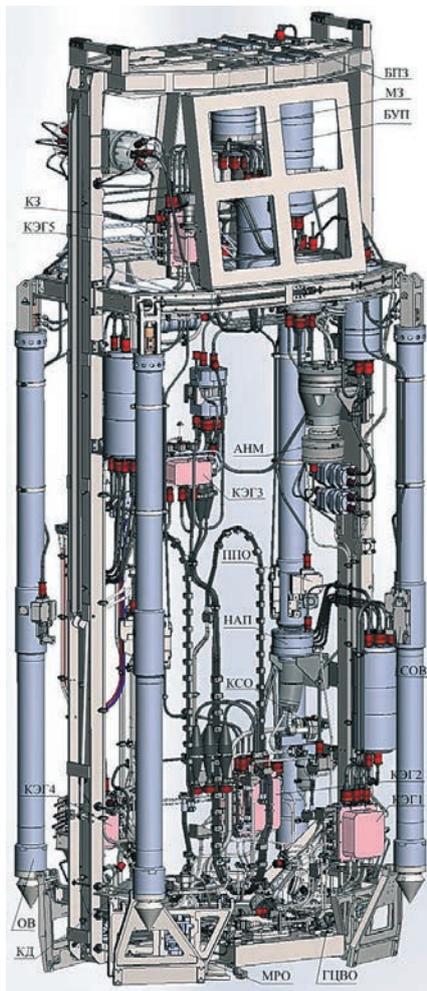


Рис. 3. Механизм горизонтирования бурового станка с гидро- и электросистемами

низ горизонтирования. Управление исполнительными механизмами осуществляется при помощи КЭГ5. Гидроусилители, размещенные внутри КЭГ, позволяют оперативно изменять расход рабочей жидкости и, соответственно, менять положение опор выдвижения. Контроль параметров происходит за счет преобразователя линейного перемещения, установленного на опоре (преобразователя перемещения опоры – ППО)

Горизонтирование происходит по следующему алгоритму:

1. БС выгружается из шахты многофункционального модуля и вывешивается над местом предполагаемого бурения.
2. ГЦВО осуществляет разведение опор в рабочее положение, ОВ при этом раскладываются до половины.
3. СПУ выполняет травление БС, а инклинометр, размещенный внутри блока управления питанием (БУП), контролирует угловое положение станка.
4. После постановки станка на грунт НИПЛ создает провисание грузонесущего кабеля, а БС осуществляет его выравнивание за счет изменения длины ОВ, расположенных по диагоналям.

5. Выведение в горизонт происходит по постановки БС на устьевой блок (УБ).

Перед началом бурения для проверки устойчивости горизонтального положения выполняется холостое срабатывание механизмов станка. Окончательное положение опор фиксируется нормально закрытыми механическими стопорами (СОВ).

Узлы, непосредственно обеспечивающие бурение, можно условно выделить в буровой агрегат (рис. 4). К ним относятся ГЦП, жестко закрепленный на раме БС и обеспечивающий необходимые перемещения и усилия. Подвижная часть полиспастного механизма подачи вращателя (МПВ) связана со штоком ГЦ и обеспечивает удвоенное перемещение вращателя, равное 1800 мм, при

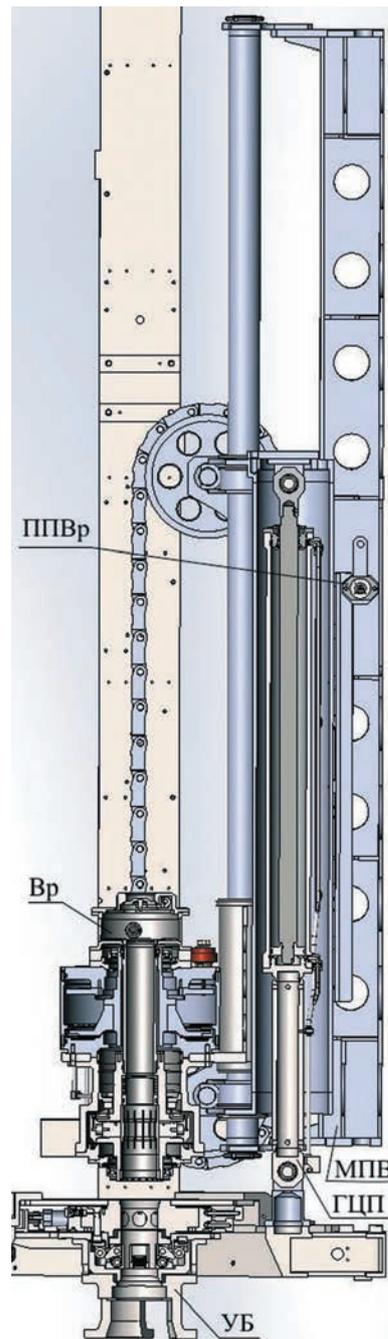


Рис. 4. Буровой агрегат

этом максимальное усилие на забой составляет 1 т. Плавность хода, как и режим податливости, достигается за счет управления гидроусилителем с датчиками давления в полостях, размещенными в КЭГ2, и обратной связи средствами преобразователя линейного перемещения вращателя (ППВр). Режим податливости организован для обеспечения свинчиваемости бурильных труб при наращивании буровой колонны.

По направляющим МПВ происходит перемещение вращателя (Вр), обеспечивающего подвод промывочной жидкости к буровой колонне, а также передачу усилия и момента, необходимых для обеспечения режимов работы БС.

При забурировании колонковой трубы необходимо обеспечить вертикальность оси бурения. Для решения этой задачи УБ оснащен центрирующими роликами и поршнями, отвечающими за их сведение. Забурирование, как и последующее бурение, происходит под воздействием осевой силы, создаваемой ГЦП и передаваемой при помощи каретки и цепей механизма подачи на вращатель, а также цапги вращателя, удерживающей и передающей момент, создаваемый инверторным двигателем мощностью 20 кВт.

Перед переходом на новое место бурения необходимо вернуть буровой инструмент в накопители и осуществить разбор буровой колонны. Развинчивание буровых труб начинается с ослабления «перетянутого» буровыми работами резьбового соединения. Выполнение этой задачи происходит следующим образом: цапга вращателя зажимает буровую трубу, при этом вращатель стопорит выходной вал и поднимает колонну так, чтобы вторая труба пришла в зону удержания ее захватами трубоизворота, созданного для передачи момента, равного 840 Н·м, от двух гидроцилиндров, работающих параллельно, к нижней трубе застопоренной буровой колонны.

Накопители бурового станка барабанного типа предназначены для хранения буровых труб и колонковых наборов, а также съемных керноприемников и долот. Накопители позволяют в порядке, определяемом оператором, выставить требуемый для работы инструмент в зону работы манипулятора подачи труб (МПТ) и механизма подачи керноприемников (МПК). Для подачи на ось скважины буровой или колонковой трубы с установленным породоразрушающим инструментом требуемого типа из имеющегося в накопителе оператору достаточно включить в работу механизм разворота барабана (МРБ). Выбор керноприемников и долот осуществляется с помощью механизма разворота контейнера (МРК) (рис. 5).

Основным отличием накопителей является способ защиты стандартного

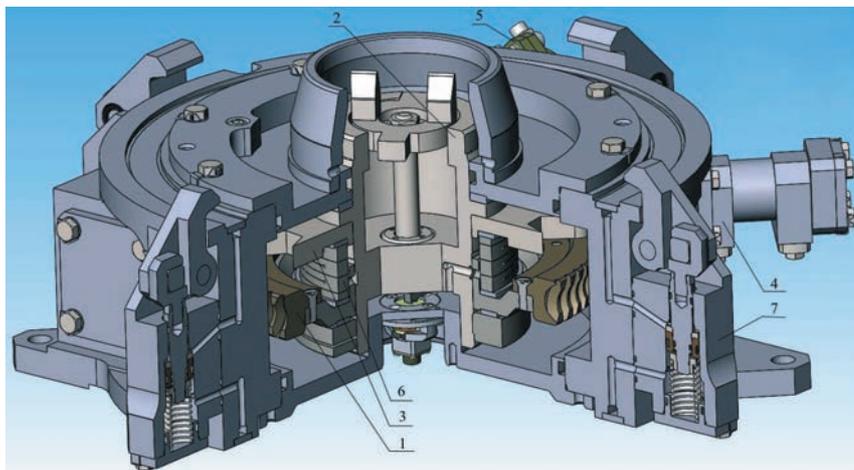


Рис. 5. Механизм разворота контейнера:

1 – колесо червячное, 2 – вал, 3 – диск, 4 – ГЦ выравнивания, 5 – гидромотор ГМ8-10, 6 – пружина прорезная, 7 – ГЦ захвата

породоразрушающего инструмента. Барабан труб, удерживающий буровые и колонковые трубы, защищает буровые коронки с помощью специальной жидкости, полностью закрывающей коронки. Контейнер керноприемников хранится на НИПЛ и передается в БС при подходе к точке бурения, имеет диэлектрический пенал, защищающий стальные керноприемники и долото от электрохимической коррозии.

Механизмы разворота контейнера и барабана, вращающие накопители и позволяющие установить любую из десяти ячеек в зону работы манипуляторов, аналогичны по конструкции и представляют собой последовательно установленные планетарный и червячный редукторы 1 (см. рис. 5) с общим передаточным отношением, равным 133. Указанная редукция позволяет существенно снизить обороты выходного вала 2 и, соответственно, диска 3, жестко закрепленного на валу, устанавливающего под действием усилия от гидроцилиндра выравнивания 4 пеналы накопителей в выбранном положении. Момент на приводе, создаваемый гидромотором 5, ограничивается регулировкой фрикциона, выполняемой при сборке за счет изменения усилия поджатия прорезной пружины 6.

Отличия механизмов разворота обусловлены необходимостью самоустановки контейнера керноприемников на опорной плоскости МРК и его удержания гидроцилиндрами захватов 7 при работе ПБК.

Выбрав буровой инструмент, его необходимо передать на ось бурения. Подача буровых и колонковых труб выполняется с помощью манипулятора подачи труб (рис. 6), устройство и работа которого достаточно подробно описаны в статье [4]. В целом последовательность передачи движений является за счет следующих движений: вперед/назад до упора, поворот на фиксированный угол и об-

ратно, подъем/опускание, захват трубы открыт/закрыт, при этом выполнение каждого движения подтверждается датчиком положения.

Пара широко расставленных захватов позволяют совместить оси бурения и буровой трубы при выполнении операции «свинчивание труб», а вертикальное перемещение, равное 730 мм, позволяет опускать колонковую трубу до нижнего среза устьевого блока.



Рис. 6. Манипулятор подачи труб с барабаном и механизмом разворота

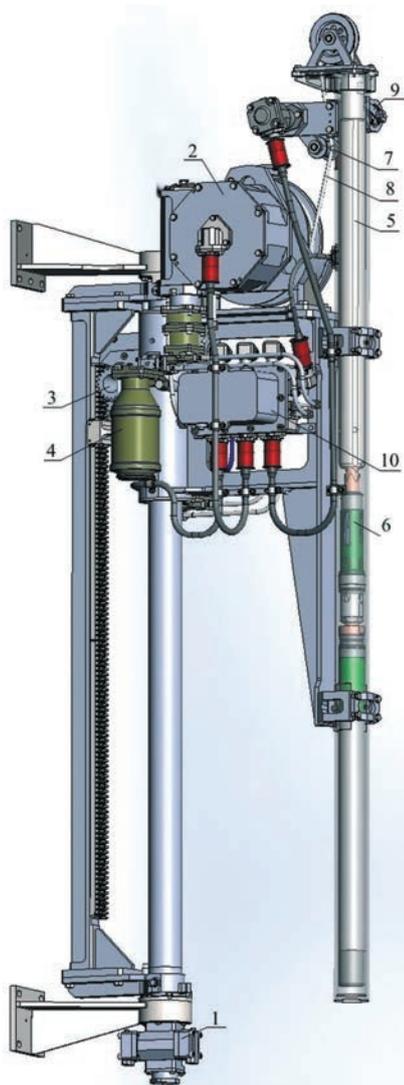


Рис. 7. Механизм подачи керноприемников:

1 – привод рейка-шестерня, 2 – привод лебедки, 3 – привод подъема, 4 – компенсатор, 5 – овершот, 6 – керноприемник, 7 – натяжитель, 8 – канат, 9 – сигнализатор, 10 – КЭГЗ

После установки колонковой трубы на ось бурения оператор, руководствуясь данными батиметрических исследований [6], осуществляет выбор типа бурения: сплошным забоем при бурении долотом или с отбором керна.

Механизм подачи керноприемников (рис. 7) предназначен для их установки (долот) внутри колонковой трубы и их возврата в контейнер керноприемников (КК).

Перевод с контейнера на вращатель выполняется с помощью привода рейки-шестерни 1 и фиксируется упорами при сборке бурового станка. Контроль углового положения осуществляется по датчику, укомплектованному резистором СП5-21. Вертикальный ход ограничивается преобразователями линейного перемещения с потенциометром типа ППМЛ, установленными внутри редукторов и защищенными от постановки на упор специальным фрикционом.

Привод лебедки 2 (см. рис. 7) и привод подъема каретки 3 сходны по конструкции и представляют собой червячные редукторы, работающие в трансмиссионном масле. При этом разгрузка полостей редуктора от внешнего гидростатического давления происходит за счет компенсатора 4, установленного на подвижной каретке.

Травление/выбирание лебедки позволяет выполнить подъем/опускание овершота 5, а также его стыковку/расстыковку с керноприемниками 6 или долотами за счет оригинальности конструкции. Натяжитель 7 препятствует провисанию каната 8, отслеживая положение рычага. Остановка выбирания лебедки при подходе овершота в верхнее положение происходит по сигнализатору конечного положения 9. Подача гидропитания на приводы МПК, как и обмен данными с системой управления, осуществляется через КЭГЗ 10.

Краткое рассмотрение основных механизмов и устройств бурового станка предоставляет возможность в общем описать алгоритм буровых работ, осуществляемых погружным буровым комплексом.

В результате холостого срабатывания бурового станка, выполненного при горизонтировании, механизмы переводятся в положение, исходное перед бурением (см. рис. 2):

МПК – в верхнем над контейнером;

МПВ – в крайнем верхнем;

МПТ – опущен и ориентирован на барабан трубный, захват закрыт, гидроцилиндр выдвинутого сложен.

Работа начинается с установки колонковой трубы на ось бурения.

1. МПТ поднимается на 550 мм и удерживает трубу в выдвинутом положении.

2. Привод подъема выводит коронку колонковой трубы из защитной жидкости и возвращает МПТ в исходное положение.

3. Выполняются разворот, подача и опускание трубы на ось бурения до нижнего среза УБ.

4. МПТ возвращается в исходное положение, МПВ при этом опускается вниз до упора.

5. С помощью МПК вынимается керноприемник из контейнера и подается на ось бурения.

6. Опускается каретка МПК до открытой крышки вращателя и травлением лебедки устанавливается инструмент внутри трубы.

7. МПК возвращается в исходное положение.

8. Забуриваются первые 500 мм при сведенном центраторе устьевого блока.

9. МПК заменяет полный керноприемник на пустой, задействовав при этом МПК.

Выполнив первый метр проходки, необходимо нарастить буровую колонну. МПТ, повторяя уже описанные движения, заводит буровую трубу в колонковую, а МПВ осуществляет их свинчивание в режиме податливости.

Таким образом выполняются буровые работы до получения коренных пород или по достижении предельной глубины бурения, после чего необходимо разобрать колонну и перейти на другую точку бурения. Развинчивание происходит в обратной последовательности к свинчиванию с задействованием труборазворота устьевого блока.

Выполнение всех операций по заданному алгоритму позволяет вести геологоразведывательное бурение со дна моря в условиях сложной ледовой обстановки, а ввод в эксплуатацию погружного бурового комплекса означает появление инструмента для решения стратегических задач по признанию весьма значительного участка арктического региона территорией исключительной экономической зоны нашей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов А.А., Дмитров А.И. Проработка возможности создания комплекса для бурения с научно-исследовательской подводной лодки // Судостроительная промышленность. – Сер.: Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создания судовых механизмов. – 2014. – № 1 (38).
2. Галкин И.В. Перспективы разработки подводных робототехнических комплексов // Судостроительная промышленность. – Сер.: Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создания судовых механизмов. – 2014. – № 1 (38).
3. Астахов А.А., Дмитров А.И., Скулябин К.С. Способ передачи керноприемников из научно-исследовательской подводной лодки в буровой станок в подводном положении // Судостроительная промышленность. – Сер.: Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создания судовых механизмов. – 2018. – № 1 (42).
4. Меркулов М.А. Опыт разработки манипулятора подачи труб // Судостроительная промышленность. – Сер.: Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создания судовых механизмов. – 2019. – № 1 (43).
5. Комплекс инструмента для бурения со съемными керноприемниками ССК-76. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ССК-76 ТО. – Л.: ВИТР, 1985.
6. Большая советская энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия. – 1969–1978. ■

В современных судовых электромеханических приборах и системах, совершающих поворотные действия, применяются зубчатые передачи, звенья которых выполнены из металлических сплавов. Современные тенденции развития производства зубчатых колес позволяют их изготавливать из полимерно-композитных материалов, которые по многим показателям имеют преимущество перед металлическими. Для полноценного изучения возможностей таких зубчатых передач необходимо соответствующее стендовое оборудование.

В настоящее время при рассмотрении погрешностей зубчатых колес после их изготовления применяют два различных подхода. Первый подход основан на том, что при исследовании зубчатых колес их контролируют геометрические характеристики на наличие неточностей, к примеру, погрешности основного шага, радиуса основной окружности и т. д. Второй подход заключается в том, что исследуется собственно зубчатая передача и далее анализируются погрешности, которые проявляются при ее работе.

Если говорить о точности зубчатой передачи, то она характеризуется следующими показателями: кинематическая точность, плавность работы, постоянством величины бокового зазора, шумовыми, вибрационными и динамическими явлениями [1]. В приборах, делительных машинах и технологическом оборудовании применяют так называемые отсчетные передачи, в которых главное внимание уделяют пропорциональности углов поворота зубчатых колес или кинематической точности [2].

При назначении норм точности следует заранее ориентироваться на возможности технологии изготовления зубчатых колес, а также методы и средства их контроля. Изготовление зубчатых колес – достаточно сложный производственный процесс, который не может ограничиваться только однозначным контролем готовой продукции. При изготовлении зубчатых колес осуществляют приемочный, профилактический, производственный и операционный контроль. Для приемочного контроля необходимо использовать комплексные методы, позволяющие обнаруживать сочетания погрешностей, которые характеризуют точность во всех фазах зацепления зубчатого венца и являются более производительными, чем проверка по элементам точности. Систематический поэлементный лабораторный контроль зубчатых колес выполняют на специализированном оборудовании приборами для автоматической записи, что в итоге позволяет поддерживать стабильно высокое качество их изготовления [2].

В целях упорядочения вопросов изготовления и проектирования зубоизмери-

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В.А. Зинков, инженер-конструктор 1-й категории

АО «НПФ «Меридиан»,

*В.М. Медунецкий, д-р техн. наук, проф. Университета ИТМО,
контакт. тел. +7 (906) 267 0566, (812) 233 5898*

тельных приборов на практике используется ГОСТ 5368–81 «Приборы для измерения цилиндрических зубчатых колес». Данный стандарт разделяет приборы по категориям: по назначению (14 групп), по конструкции (станковые, накладные), по размерам контролируемых колес, по точности измерения. В практике используются следующие типы приборов, в конструкцию которых входят зубчатые передачи: для контроля измерительного межосевого расстояния, для измерения кинематической погрешности, для измерения радиального биения.

В частности, в качестве базовой конструкции стенда для контроля межосевого расстояния используются межцентромеры КДП-300. Данный стенд предназначен для измерения зубчатых колес с модулями 3–7 и максимальным диаметром до 300 мм. Суть работы заключается в том, что одно колесо смещается к другому в радиальном направлении, т. е. осуществляется зацепление практически без бокового зазора. В этом варианте колеса соприкасаются одновременно по левым и по правым профилям зубьев. На приборе оценивается только результат измерения, он не дает информации о возможных причинах погрешности и не позволяет накапливать информацию о точности изготовленных зубчатых колес.

Также известен межосемер с приводом вращения МЦ400. Технические характеристики прибора следующие: межосевое расстояние зубчатой передачи – до 320 мм, модуль зубчатых колес – в диапазоне от 1 до 10, разрешающая точность записи линейного перемещения – 0,5 мкм, разрешающая точность записи углового перемещения – 2500 измерений за 1 оборот. У аналогичного прибора МЦ-160, предназначенного для проверки мелко-модульных колес, следующие параметры: модуль – 0,15–1, межосевое расстояние – 25–100 мм.

Также известен отечественный стенд БВ-5137 для комплексного контроля зубчатых передач. Он предназначен для приемочного и операционного контроля зубчатых колес путем их обката в плотном двухпрофильном зацеплении с измерительными зубчатыми колесами.

Стенд позволяет контролировать редукторные пары (ведущую шестерню и колесо) за один цикл контроля. Техни-

ческие характеристики стенда заявлены в следующем диапазоне: модуль зубчатых колес – от 7 до 10, межосевое расстояние зубчатой передачи – 350–515 мм.

В последние годы за рубежом появились приборы для контроля измерительного межосевого расстояния с полной записью характера изменения. Кроме записи результатов контроля ряд приборов оснащается программным обеспечением для анализа причин возможных погрешностей. Известен зубоизмерительный прибор GearSpect DO-0 PC для определения точности цилиндрических зубчатых колес малых размеров методом двухстороннего обката с эталонной шестерней. В конструкции этого прибора два зубчатых колеса (одно из которых может быть эталонным) располагаются под постоянной нагрузкой, которая обеспечивает постоянное зацепление зубчатых венцов. При вращении зубчатой передачи возникают колебания межосевого расстояния, которое регистрируется данным прибором. Колебания межосевого расстояния являются следствием влияния погрешностей зубчатых колес. Технические характеристики прибора GearSpect DO 0 PC следующие: диапазон межосевого расстояния – 35–125 мм, максимальный измеряемый модуль – 2.

Известны приборы для двухпрофильного контроля шестерни, к примеру, модели 3102, 3102 А, предназначенные специально для проверки расстояния между центрами цилиндрической шестерни и вала шестерни, для контроля радиального биения зубчатого венца. Вращение шестерни при контроле радиального биения выполняется относительно базовой оси. Технические характеристики прибора 3102: диапазон межосевого расстояния – 20–160 мм, максимальный измеряемый модуль – 1–6. При этом стоит отметить, что программное обеспечение обеспечивает проверку только по стандартам DIN (Немецкий институт по стандартизации).

В связи с тем, что ни один из существующих испытательных стендов не удовлетворяет полностью задачам исследования зубчатых передач, в АО «НПФ «Меридиан» проектируется универсальный стенд для оценки качества цилиндрических зубчатых передач. Это связано прежде всего с тем, что имеется необходимость в совершенствовании

электрохимического прибора-датчика для измерения угла поворота и в исследовании нестандартных видов зубчатых венцов (в том числе и из полимерных композиционных материалов [3]), где необходимо изменение межосевого расстояния зубчатых колес и их смещение вдоль оси вращения.

Схема проектируемого универсального стенда представлена на рис. 1.

Данный универсальный стенд состоит из главной платформы 1, двух оснований: неподвижного 2 и подвижного 3, на которых установлены подшипниковые узлы с валами. Подвижное основание позволяет выставлять необходимое межосевое расстояние (по оси Y) a_{wi} , которое первоначально поджимается пружинным механизмом 4 с усилием F к упорам 5. После чего данное основание фиксируется с помощью винтов с главной платформой. При этом конструкция стенда позволяет перемещать и фиксировать подшипниковый узел на подвижном основании в продольном направлении (по оси X) для установления оптимального зазора в зацеплении. Контроль измерительного межосевого расстояния и ширины зацепления осуществляется при помощи измерительных цифровых устройств с точностью до 0,001 мм. Электродвигатель 6 и датчик угла поворота (энкодер) 7 при помощи муфт 8 присоединяются к соответствующим валам. Для проверки устанавливаются цилиндрические зубчатые колеса: ведущее 9 и ведомое 10. Также на валу с ведомым зубчатым колесом устанавливается инерционная нагрузка 11.

Питание стенда осуществляется от сети переменного тока (рис. 2). Переменное напряжение 220 В/50 Гц поступает на блок питания БП, преобразующий его в постоянное напряжение 12 В, которое необходимо для питания внутренних органов управления универсального стенда и приборов измерения. Для измерения потребляемой электродвигателем (М) электрической мощности в цепи установлены вольтметр (V) и амперметр (А). На лицевой панели стенда расположена панель управления (ПУ), которая состоит из ЖК-дисплея, кнопок и переменного резистора для регулировки скорости вращения. С помощью кнопок и переменного резистора производится управление режимами работы стенда. ЖК-дисплей предназначен для отображения следующей информации: скорость вращения, время вращения, мощность, угол поворота. Основная составляющая стенда – контроллер (МК), с помощью которого обрабатываются сигналы с панели управления, а также энкодера, расположенного на выходном валу. Также предусмотрена возможность передачи данных на персональный компьютер. Для обработки данных на ПК не требуется специализированного программного обеспечения.

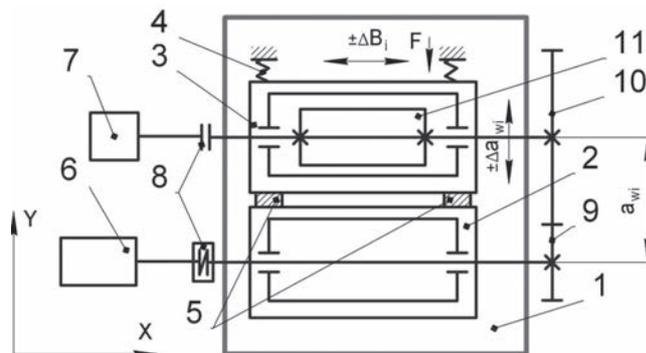


Рис. 1. Схема универсального стенда для оценки качества зубчатых передач

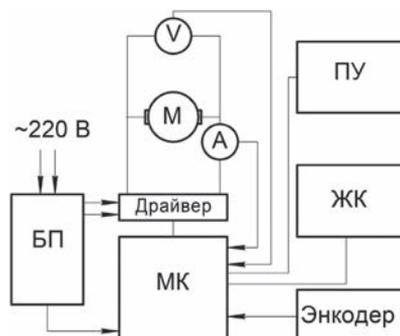


Рис. 2. Структурная электрическая схема универсального стенда

Универсальный стенд позволяет:

- проводить исследования для определения уменьшения кинематического мертвого хода зубчатой передачи за счет использования конусообразных венцов;
- регулировать межосевое расстояние зубчатой передачи;
- проводить обкатку зубчатых венцов колес из металла, полученных путем нарезания и шлифования, для устранения технологической наследственности (свободная и под нагрузкой);
- проводить исследования зубчатых зацеплений при использовании различных материалов и покрытий рабочих поверхностей зубчатых венцов;
- проводить исследования различных видов зацепления цилиндрических зубчатых передач.

Для исследования конусообразных зубчатых венцов на данном универсальном стенде целесообразно применить метод свободного выбега, адаптировав его к конкретной задаче. Как известно, выбег – это неустановившееся движение (по инерции) подвижных частей системы, в частности, электропривода после отключения двигателя за счет кинетической энергии этих частей. В данном случае сущность метода выбега состоит в следующем: исследуемая передача, электродвигатель и механически соединенные с ним элементы, разгоняются до некоторой установившейся частоты вращения. После этого двигатель отключают от сети, и наступает процесс самопроизвольного торможения, то есть торможения исключительно за счет внутренних сил трения [4].

Для исследования конусообразных зубчатых венцов, а именно для выбора оптимального зазора в зацеплении, следует последовательно смещать одно зубчатое колесо (вместе с подшипниковым узлом на подвижном основании) вдоль оси его вращения. При этом каждое значение бокового зазора проверяется методом выбега: после того как скорость электродвигателя достигнет установившегося значения, фиксируются показания приборов и далее электродвигатель отключается от сети питания. За счет инерционной нагрузки зубчатая передача продолжает вращаться. В процессе самоторможения механизм останавливается через определенный промежуток времени, который измеряется секундомером. Затем выставляется следующее значение бокового зазора, и эксперимент повторяется. В итоге получают графики зависимостей времени выбега от значений бокового зазора, по которым можно выявить оптимальное значение.

Таким образом, на данном стенде имеется возможность выбрать зазор в зоне зубчатого конусообразного зацепления при минимальных значениях кинематического мертвого хода передачи.

В АО «НПФ «Меридиан» планируются комплексно оценить качество различных типов цилиндрических зубчатых передач на предложенном универсальном стенде, в том числе из полимерно-композиционных материалов. Это позволит проектировать и изготавливать электрохимические приборы, которые обеспечат измерения с повышенной точностью, а также уменьшить их массогабаритные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. – М.: Машиностроение, – 1972. – 360 с.
2. Элементы привода приборов: расчет, конструирование, технологии /Под ред. Ю.М. Плещачевского. – Минск: Беларус. наука. – 2012. – 769 с.
3. Медунецкий В.М., Зинков В.А. Повышение точности электрохимического прибора-датчика для измерения угла поворота судового оборудования//Морской вестник. – 2019. – № 1 (69). – С. 112–114.
4. Андреев В.П., Сабитин Ю.А. Основы электропривода. – М. – Л.: ГЭИ, 1963. – 772 с. ■

Винтовой конденсатор – новое техническое решение повышения энергоэффективности конденсационных устройств и энергетических установок в целом [1]. Основной принцип предлагаемого технического решения – формирование геометрии теплообменных трубок определенным образом для поддержания постоянной скорости пара [2]:

- теплообменные трубки закручены по винтовой траектории;
- сечение теплообменных трубок плоскоовальное с изменением направления большей оси овальности с радиального на периферии до поперечного в центре трубного пучка.

Для определения оптимальной конфигурации теплообменных трубок в пучке необходима разработка методики и выполнение теплогидравлических расчетов на ее базе. В связи с этим актуальными являются задачи формирования вышеуказанной математической модели конденсатора пара и разработки соответствующей САПР для проведения расчетов.

Первый шаг к решению поставленных задач – определение методики расчета винтового конденсатора. В основу методики заложен принцип послойного расчета, который сводится к следующему [3]:

- трубный пучок разделяется на слои конденсации. Один слой конденсации соответствует одному ряду теплообменных трубок;
- для каждого слоя (ряда трубок) выполняется теплогидравлический расчет процесса конденсации пара.

Методика расчета состоит из нескольких блоков, каждый из которых предназначен для решения определенных задач, таких как переход с предыдущего расчетного слоя на следующий, присвоение геометрических характеристик теплообменным трубкам, сравнение результатов расчета. Центральный блок алгоритма – непосредственно блок расчета параметров на основе моделирования процесса конденсации пара.

Конденсация пара – сложный процесс взаимодействия между собой нескольких сред с изменением их фазового состояния.

Для выявления закономерностей и влияния различных составляющих рассматривается сегмент трубного пучка конденсатора с несколькими теплообменными трубками в двух рядах пучка (рис. 1).

Процесс конденсации условно разделяется на три составляющие:

1) *со стороны отработавшего пара*. Отработавший пар от турбины посту-

АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СРЕД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВИНТОВОГО КОНДЕНСАТОРА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

О. О. Лебедев, *вед. инженер АО «СПМБМ «Малахит»*,
контакт. тел. (812) 242 7533, +7 (921) 371 0747

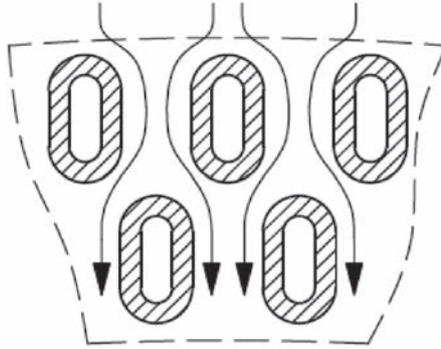


Рис. 1. Обтекание теплообменных трубок паром

пает на первый слой трубок. Входными параметрами поступающего пара являются его начальная скорость, давление, тепловая нагрузка и температура. В процессе тепломассообмена с охлаждающей водой через стенку теплообменной трубки пар конденсируется, отдавая свое тепло охлаждающей воде. Выходные параметры предыдущего (более высокого) расчетного слоя являются исходными для следующего (более низкого) расчетного слоя;

2) *со стороны охлаждающей воды*. Охлаждающая вода подается в теплообменные трубки пучка. Входными параметрами являются скорость воды, начальная температура. Охлаждающая вода взаимодействует с отработавшим паром через стенку теплообменной трубки, принимает от него тепло и удаляется в циркуляционную трассу. Выходным параметром является температура воды после взаимодействия с паром. Скорость воды (расход) – без изменения;

3) *со стороны теплообменной трубки*. Стенка теплообменной трубки – граница взаимодействия отработавшего пара и охлаждающей воды. Входной и выходной параметр – температура стенки трубки в результате взаимодействия пара и воды, а также теплопроводность материала стенки.

Задача высокоэффективного конденсатора пара – конденсация максимального количества пара при минимальных массогабаритных характеристиках конструкции конденсатора. В свою очередь, количество конденса-

руемого пара пропорционально зависит от количества тепла, которое способен отвести в охлаждающую воду конденсатор [4].

Показатель эффективности конденсатора – величина количества теплоты, передаваемой от пара к охлаждающей воде, расчет которой проводится по формуле

$$Q_{\text{конд.}} = k_t \cdot F_t \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где k_t – коэффициент теплопередачи (коэффициент объединяющий в себе коэффициенты теплоотдачи от пара, от охлажденной воды и термическое сопротивление стенки теплообменной трубки); F_t – поверхность теплообмена, м²; Δt – температурный напор, °С.

На изменение составных частей зависимости (1) влияют те или иные геометрические характеристики, причем параметры, изменение которых положительно отражается на одну составляющую теплообмена, могут отрицательно сказываться на другой составляющей, что приводит к снижению общего количества отводимой теплоты.

В связи с этими задачами исследования являются:

- определение геометрических параметров (овальность, угол закрутки слоя), влияющих на составные части зависимости (1);
- определение степени взаимного влияния геометрических параметров друг на друга;
- формирование оптимальной конфигурации трубного пучка, количество отводимой теплоты, в котором было бы максимальным при минимальных массогабаритных характеристиках.

В результате исследования выявлены влияющие параметры – см. таблицу.

Таким образом, определенные геометрические характеристики трубного пучка оказывают влияние на составляющие величины количества теплоты и результат в целом. Кроме того, некоторые геометрические характеристики взаимосвязаны между собой, из чего следует, что изменение

Влияющие параметры трубного пучка

Составляющие		Параметры трубного пучка	
$Q_{\text{конд.}}$	k_t	α_v	Проходное сечение по охлаждающей воде Овальность теплообменных трубок Скорость охлаждающей воды Температура охлаждающей воды
		$\alpha_{\text{ст}}$	Толщина стенки теплообменных трубок Теплопроводность материала теплообменных трубок
		α_n	Угол закрутки слоя Овальность на слое Скорость пара Тепловая нагрузка Давление пара
	F_t	Угол наклона теплообменных трубок по винтовой траектории Межтрубное расстояние (шаг разбивки трубных досок)	
	Δt	Температура пара на входе в конденсатор Начальная температура охлаждающей воды Скорость охлаждающей воды	

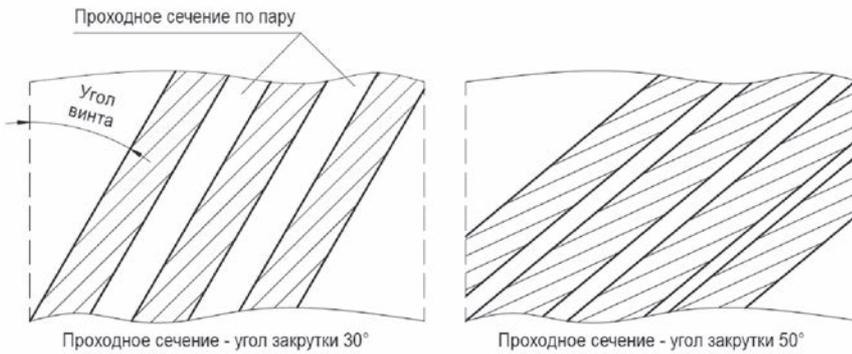


Рис. 2. Сегмент развертки слоя трубного пучка

этих характеристик оказывает комплексное влияние на процесс конденсации пара.

К примеру, увеличение проходного сечения по воде (снижение овальности) приведет к увеличению скорости пара (за счет увеличения гидравлического сопротивления), в результате чего увеличится коэффициент теплоотдачи по пару α_n , но в то же время снизится коэффициент теплоотдачи по воде α_v (рис. 2).

Важным фактором при расчете трубного пучка является скорость пара, величина которой вносит существенный вклад в коэффициент теплоотдачи пара [5].

Согласно алгоритму теплогидравлического расчета конденсатора пара [2] критерием оптимальности геомет-

рии расчетного слоя является величина скорости пара, которая должна сохраняться постоянной, вследствие чего будет сохраняться на постоянном уровне и коэффициент теплоотдачи пара. Увеличение величины скорости пара достигается за счет повышения угла закрутки трубок и уменьшения проходного сечения по пару. Однако одновременно с этим растет и паровое сопротивление ряда трубок, в связи с чем слишком большое увеличение скорости пара (уменьшение проходного сечения) приведет к невозможности поддержания давления в паровой полости (слишком большой перепад давлений). В связи с этим необходим поиск таких геометрических параметров пучка, при которых значение скорости пара сохранялось бы на постоянном

уровне, но вместе с тем не приводило к росту парового сопротивления, т. е. была бы оптимальной.

Другой важный фактор – проходное сечение по воде, величина которого вносит вклад в значение коэффициента теплоотдачи по воде. Проходное сечение по воде профилируется путем изменения степени плоскоовальности теплообменных трубок. Одновременно с этим при увеличении плоскоовальности увеличиваются и возможности увеличения угла закрутки трубок и поддержания высокой скорости пара, как указано выше. Однако слишком большая степень плоскоовальности занижает проходное сечение по воде, вследствие чего уменьшается коэффициент теплоотдачи по воде.

Таким образом, для определения оптимальной конфигурации трубного пучка винтового конденсатора с помощью САПР необходимо выявить степень влияния на процесс конденсации пара следующих параметров:

- величины овальности теплообменных трубок;
- угла закрутки теплообменных трубок трубного пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев О.О. Патент № 2725738. Трубный пучок конденсатора пара, 2020. // Бюлл. изобр. 2020, №19.
2. Лебедев О.О. Разработка трубного пучка рациональной конструкции для конденсатора паровых турбин // Морской вестник. – 2019. – №3 (71).
3. Лебедев О.О. Алгоритм расчета винтового конденсатора пара // Судостроение. – 2020. – №5 (852).
4. Берман Л.Д. Принципы рационального проектирования трубного пучка конденсатора паровой турбины. – М.: Известия ВТИ, 1948.
5. Мильман О.О., Никиточкин В.П. Высокоэффективный конденсатор пара с вертикальным трубным пучком. – Тр. ЛКИ, 1990. ■

Особенности действий корабля против целей ордеров в условиях современных конфликтов таковы, что определяющими факторами успеха станут уровень и качество информационного обеспечения группового применения управляемых снарядов (УС), носителем которых этот корабль является [1]. В теории применения УС в качестве термина, определяющего информационное обеспечение, используется термин «данные целеуказания» (ЦУ).

Развитие средств противовоздушной обороны ордеров обуславливает требование осуществления загоризонтного пуска УС вне зоны действия этих средств. В этих условиях обеспечение стрельбой УС на предельные дальности (соответствующие пределам их досягаемости) возможно только по ЦУ от внешних (по отношению к носителю УС) источников информации (ИИ).

К числу основных могут быть отнесены внешние ИИ, оснащенные средствами радиотехнической разведки (РТР). В состав данных, принимаемых от таких ИИ, входят координаты излучающих морских целей, ошибки их местоположения и сигнальная информация – радиотехнические (РТ) параметры излучения РЛС, которыми оснащены эти цели.

Результаты решаемых по этой информации задач классификации излучающих целей [2] и стартового распределения УС группы по целям ордера [3] могут быть использованы в корабельной системе управления стрельбой при принятии решения на применение УС для организации коллективного поиска целей ордера бортовыми РЛС (БРЛС) УС.

Разработка основанной на использовании результатов стартового ЦР стратегии коллективного поиска целей ордера, обеспечивающей преимущественное обнаружение главной цели, и является задачей настоящей статьи.

ДОСТАРТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УС ГРУППЫ ПО ЦЕЛЯМ ОРДЕРА

Имеется группа из s целей. Введем в рассмотрение вектор \bar{K}_k , характеризующий классы всех s целей,

$$\bar{K}_k = (K_{k_1}, K_{k_2}, \dots, K_{k_j}, \dots, K_{k_q}), \quad 1 \leq k_j \leq q,$$

где K_{k_j} – класс цели с номером j ; q – количество классов целей.

Введем также вектор $\bar{n} = (n_1, n_2, \dots, n_s)$, j -й компонент n_j которого представляет собой количество УС, направляемых на j -ю цель, и подчиним вектор \bar{n} ограничению

$$\sum_{j=1}^s n_j = n; \quad n_j - \text{целые}; \quad n_j \geq 0, \quad (1)$$

где n – количество распределяемых УС.

Рассматриваемая задача в терминах теории оптимального распределения ресурсов [4] ставится следующим образом: распределить УС группы по целям ордера так, чтобы при назначении n_j УС на j -ю цель средний ущерб, наносимый s целям группой из n УС, был максимальным.

Для однородных средств поражения при заданном векторе \bar{K}_k классов целей можно записать [4] выражение для ущерба, наносимого целям данным нарядом УС, в виде

$$U(\bar{n}, \bar{K}_k) = \sum_{j=1}^s W(K_{k_j}, j) \left\{ 1 - [1 - p(K_{k_j}, j)]^{n_j} \right\},$$

где $W(K_{k_j}, j)$, $p(K_{k_j}, j)$ – относительная ценность цели, имеющей номер j и класс K_{k_j} , и вероятность ее поражения одним УС, соответственно.

Выражение для среднего апостериорного ущерба при распределении n УС по s целям на основе определения вероятностей их принадлежности к различным классам может быть записано [3] в виде

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОИСКА ГЛАВНОЙ ЦЕЛИ В ОРДЕРЕ ПО ДАННЫМ ОТ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ГРУППОВОМ ПРИМЕНЕНИИ УПРАВЛЯЕМЫХ СНАРЯДОВ

Г.А. Коржавин, д-р техн. наук, проф., науч. руководитель,

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, гл. специалист по НИОКР,

О.Г. Мальцев, д-р техн. наук, начальник НИЛ,

АО «Концерн «Гранит-Электрон»,

контакт. тел. (812) 271 4585, 271 6774

$$U_{ps}(\bar{n}) = \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^q P(K_k, j) W(K_k, j) \left\{ 1 - [1 - p(K_k, j)]^{n_j} \right\}, \quad (2)$$

где $P(K_k, j)$ – апостериорная вероятность принадлежности j -й цели к классу K_k .

Если цели разделяются на два класса – главных и неглавных – и учитывается ущерб, наносимый только главным целям, то при показательном условном законе поражения целей УС и независимом характере попаданий выражение (2) приобретает вид

$$U_{ps}(\bar{n}) = \sum_{j=1}^s P_j [1 - (1 - p_j/\omega)^{n_j}], \quad (3)$$

где P_j – вероятность принадлежности j -й цели к классу главных целей; p_j – вероятность попадания УС в выбранную j -ю цель; ω – математическое ожидание количества УС, необходимое для поражения главной цели.

Если в группе одна главная цель, то средний апостериорный ущерб (3) имеет смысл вероятности поражения главной цели.

Пусть информация о j -й, $j=1, 2, \dots, s$, цели представляет собой v -мерный вектор \bar{z}_j , компоненты $z_j^{(r)}$, $r=1, 2, \dots, v$, которого характеризуют РТ параметры сигналов установленной на ней РЛС, определяемые средствами РТР внешнего ИИ. Тогда выражение (2) можно записать в виде

$$U_{ps}(\bar{n}) = \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^q P(K_k | \bar{z}_j) W(K_k, j) \left\{ 1 - [1 - p(K_k, j)]^{n_j} \right\}, \quad (4)$$

где $P(K_k | \bar{z}_j)$ – условная вероятность обнаружения цели, принадлежащей классу K_k , при условии получения информации о ней в виде вектора \bar{z}_j .

Этот средний апостериорный ущерб должен быть максимизирован по \bar{n}

$$U_{ps}^* = \max_{\bar{n}} U_{ps}(\bar{n}) \quad (5)$$

при учете ограничения (1).

Для того чтобы определить $P(K_k | \bar{z}_j)$, будем предполагать, что имеется априорная информация вида $\{p(\bar{z} | N), S_1^{(N)}, S_2^{(N)}, \dots, S_q^{(N)}\}$ о типах РЛС, где $p(\bar{z} | N)$, $N=1, 2, \dots, N_{\max}$ – v -мерная плотность распределения вероятностей вектора \bar{z} для N -го типа РЛС (или условная плотность распределения вероятностей вектора \bar{z} при условии работы РЛС N -го типа); $S_k^{(N)}$, $k=1, 2, \dots, q$ – количество экземпляров РЛС N -го типа, которые установлены на кораблях ордера, принадлежащих классу K_k .

В дальнейшем будем считать компоненты вектора \bar{z} независимыми случайными величинами, тогда

$$p(\bar{z} | N) = p(z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(v)} | N) = \prod_{r=1}^v p(z^{(r)} | N), \quad \text{где } P(z^{(r)} | N) - \text{одномерная плотность распределения вероятностей для } r\text{-го компонента вектора } \bar{z} \text{ и } N\text{-го типа РЛС.}$$

Условная вероятность обнаружения j -й цели k -го класса K_k при условии получения информации о ней в виде вектора

\bar{z}_j замеров РТ параметров принятых сигналов от РЛС в соответствии с формулой полной вероятности запишется в виде

$$P(K_k | \bar{z}_j) = \sum_{N=1}^{N_{\max}} P(K_k | N) P(N | \bar{z}_j), \quad k=1,2,\dots,q,$$

где $P(K_k | N)$ – априорная вероятность обнаружения цели k -го класса K_k при условии измерения вектора \bar{z}_j от РЛС N -го типа; $P(N | \bar{z}_j)$ – вычисляемая по формуле Байеса апостериорная вероятность отнесения принятого радиоизлучения к РЛС N -го типа при условии получения вектора \bar{z}_j .

Априорная и апостериорная вероятности рассчитываются по формулам

$$P(K_k | N) = \frac{S_k^{(N)}}{\sum_{l=1}^q S_l^{(N)}}, \quad k=1,2,\dots,q; \quad P(N | \bar{z}_j) = \frac{p(\bar{z}_j | N) P(N)}{\sum_{N=1}^{N_{\max}} p(\bar{z}_j | N) P(N)}.$$

Входящие в выражение для $P(N | \bar{z}_j)$ априорные вероятности $P(N)$ обнаружения РЛС N -го типа и вероятностные модели $p(\bar{z}_j | N)$ задаются соотношениями, приведенными в работе [5].

Аналогичные операции выполняются для каждого вектора \bar{z}_j , $j=1,2,\dots,s$. Полученные таким образом величины $P(K_k | \bar{z}_j)$, $k=1,2,\dots,q$, используются для построения целевой функции (4).

Перейдем теперь к максимизации функции $U_{ps}(\bar{n})$ при условиях (1). Задача (5) отличается от обычной задачи на условный экстремум условиями (1); решим ее методом динамического программирования [6], в основе которого лежит следующее построение и решение системы функциональных уравнений.

Выражение (4) определяет средний апостериорный ущерб, наносимый s целям, и является целевой функцией аддитивного вида. Перепишем это выражение в виде

$$U_{ps}(\bar{n}) = \sum_{j=1}^s g_j(n_j),$$

где $g_j(n_j)$ – средний апостериорный ущерб, наносимый j -й цели, если на нее направлено n_j УС,

$$g_j(n_j) \equiv \sum_{k=1}^q P(K_k | \bar{z}_j) W(K_k, j) \{1 - [1 - p(K_k, j)]^{n_j}\}.$$

Определим величину $f_j(l)$, $j=1,2,\dots,s$; $l=0,1,\dots,n$, выражающую средний апостериорный ущерб противнику при оптимальном распределении l УС на первые j целей.

Тогда можно установить рекуррентное соотношение (функциональное уравнение), являющееся формализованной записью принципа оптимальности (принципа Беллмана)

$$f_j(l) = \max_{n_1+n_2+\dots+n_j=l} \{g_j(n_j) + f_{j-1}(l-n_j)\} \quad (6)$$

для $j=2,3,\dots,s$; $l=0,1,\dots,n$, причем $f_1(l) = g_1(l)$.

Таким образом, нахождение вектора оптимального распределения УС группы по целям ордера представляет собой многошаговый процесс, который в соответствии с методом динамического программирования проходится дважды. На первом проходе отыскивается максимум по формуле (6) и запоминаются те значения n_j (обозначим их $n_{j,i}^*$), при которых этот максимум достигается. На втором проходе (после указанных вычислений) в качестве оптимальных компонентов n_j^* , $j=1,2,\dots,s$, нужно взять $n_j^* = n_{j,n-n_1^*-n_2^*-\dots-n_{j-1}^*}$, что и дает нам требуемое распределение УС группы по целям ордера, а именно:

$$n_s^* = n_{s,n}^*, n_{s-1}^* = n_{s-1,n-n_s^*}^*, \dots, n_1^* = n_{1,n-n_s^*-n_{s-1}^*-\dots-n_2^*}^*.$$

ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ВОЗМОЖНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ОРДЕРА И НАЗНАЧЕНИЕ УС ГРУППЫ НА ЦЕЛИ

Исходными данными для построения областей возможного положения целей (ОВПЦ) ордера является информация о целях, принятая от внешнего источника (данные внешнего ЦУ): географические координаты, радиус единичного круга ошибок, классификационные характерис-

тики (РТ параметры сигналов корабельных РЛС, установленных на целях).

При приеме в течение определенного интервала времени информации об излучающих надводных целях в нескольких сеансах связи с внешним ИИ определяются параметры их движения и выделяется группа целей (ордер) по критерию близости значений их курса и скорости; определяются генеральный курс K_0 и генеральная скорость V_0 ордера; выполняется распознавание типов РЛС, классификация носителей РЛС и определяется тип ордера.

Схематично взаимное расположение целей ордера и УС группы (после выполнения УС послестартового разворота) на момент одновременного включения БРЛС УС группы на дистанции $D_{\text{вкл.}} = x_{\text{цУ}} - x_{\text{УС}}$ (по прошествии времени T_y – стрельба в упрежденное место целей) показано на рис. 1.

Выделяются также ведущая, замыкающая, правая и левая цели в группе (на рис. 1 соответственно j_b, j_s, j_n, j_l), которые определяют размеры зоны ЦУ. Под зоной ЦУ будем понимать прямоугольник, в который вписаны ОВПЦ определяющих ее размеры целей, и считать, что центры зоны ЦУ и ордера совпадают. При принятии решения на применение УС рассчитывается время T_y устаревания данных ЦУ – интервал времени от момента приема данных ЦУ от внешнего ИИ до момента одновременного включения БРЛС УС группы.

Используем стартовую систему координат, в качестве которой выберем декартову прямоугольную систему координат xOz с началом, совпадающим с местоположением носителя УС на момент начала подготовки УС к применению, и осью Ox , направленной перпендикулярно генеральному курсу ордера. Ось Oz дополняет систему координат до левой. Вертикальную плоскость, проходящую через ось Ox , определим как плоскость стрельбы.

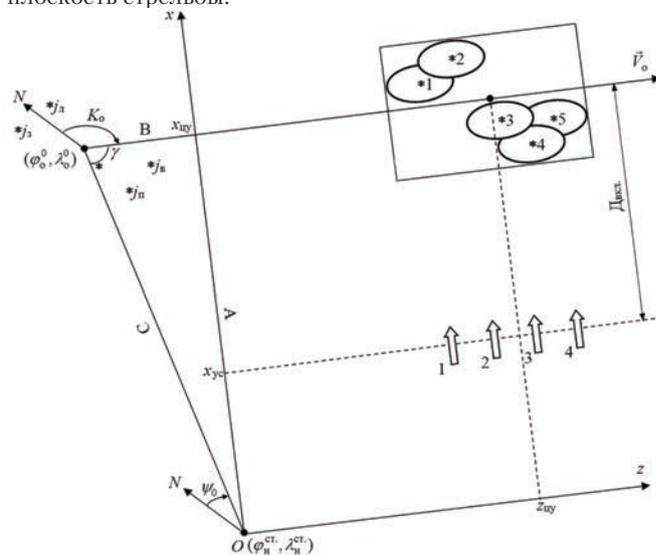


Рис. 1. Схема группового применения УС по целям ордера

При групповом применении УС, стартующими с носителя последовательно с некоторым интервалом времени, решается задача их сбора по дальности. Тем самым обеспечивается одновременный подход всеми УС группы к зонам огневой и радиоэлектронной противодействия, что необходимо для надежного их преодоления.

Кроме сбора УС в группе по дальности выполняется равномерное рассредоточение УС по фронту (в плоскости, перпендикулярной плоскости стрельбы), что необходимо для перекрытия ОВПЦ ордера зонами обзора БРЛС УС группы.

Выражения для расчета координат $x_{\text{цУ}}$ и $z_{\text{цУ}}$ центра ордера на момент одновременного включения БРЛС УС группы найдем из геометрических построений рис. 1. Учтем, что $z_{\text{цУ}}$ – это расстояние, на которое отклонился центр ордера от плоскости стрельбы к указанному моменту. Тогда $x_{\text{цУ}} = A$; $z_{\text{цУ}} = T_y V_0 - B$.

Поскольку угол $\gamma = \pi - K_0 + \psi_0$, $A = C \sin \gamma$, $B = C \cos \gamma$, где C и ψ_0 определяются решением обратной геодезической задачи (ОГЗ) с использованием географических координат $(\varphi_n^{ct}, \lambda_n^{ct})$ и $(\varphi_0^0, \lambda_0^0)$, то окончательно имеем

$$x_{цв} = C \sin(K_0 - \psi_0); z_{цв} = T_y V_0 + C \cos(K_0 - \psi_0).$$

Здесь φ_n^{ct} , λ_n^{ct} – географические координаты носителя УС на момент начала подготовки УС к применению; φ_0^0 , λ_0^0 – географические координаты центра ордера на момент приема данных ЦУ от внешнего ИИ.

Из-за ошибок и времени устаревания данных ЦУ местоположение целей ордера становится известным с большими ошибками. УС в полете с использованием результатов их достартового распределения должны осуществить повторный поиск целей (первичное обнаружение выполнено средствами РТР внешнего ИИ), обеспечивая при этом преимущественное обнаружение главной цели.

Для определения размеров ОВПЦ ордера на момент одновременного включения БРЛС УС группы используем понятия композиции двумерных нормальных законов распределения случайных величин и векториальных отклонений [7]. Предполагаем, что координаты целей ордера определены внешним ИИ с ошибками, подчиненными нормальному круговому закону распределения со среднеквадратическим отклонением (радиусом единичного круга) $\sigma_{кр.ц}$, а числовые значения составляющих ошибок определения местоположения УС и их носителя допускают переход к нормальным круговым законам распределения с радиусами единичных кругов $\sigma_{кр.ц}$ и $\sigma_{кр.н}$, соответственно. Переход к нормальному круговому закону распределения выполняется в соответствии с формулой $\sigma_{кр.} = \left[(\sqrt{\sigma_x^2} + \sqrt{\sigma_z^2}) / 2 \right]^2$ [8], где σ_x , σ_z – составляющие ошибок определения местоположения объекта вдоль соответствующих координатных осей.

Считаем также известными курс K_0 и скорость V_0 целей (движение целей предполагается равномерным и прямолинейным), среднеквадратические ошибки (СКО) определения курса σ_{K_0} и скорости σ_{V_0} целей (параметры движения целей полагаются равными соответствующим параметрам движения ордера), а также время T_y устаревания данных ЦУ.

Координаты $x_{цв}$, $z_{цв}$ центров суммарных законов распределения, характеризующих ошибки местоположения целей, определяются по формулам

$$x_{цв} = x_{цв} + \Delta x_{цв}; z_{цв} = z_{цв} + \Delta z_{цв}, j = 1, 2, \dots, s,$$

а для расчета приращений $\Delta x_{цв}$, $\Delta z_{цв}$ координат целей к соответствующим координатам центра ордера используются формулы

$$\Delta x_{цв} = \Delta D_{цв} \sin(K_0 - \Delta \psi_{цв}); \Delta z_{цв} = \Delta D_{цв} \cos(K_0 - \Delta \psi_{цв}),$$

где $\Delta D_{цв}$ и $\Delta \psi_{цв}$ определяются решением ОГЗ с использованием географических координат центра ордера $(\varphi_0^0, \lambda_0^0)$ и одиночных целей $(\varphi_{цв}^0, \lambda_{цв}^0)$ на момент приема данных от внешнего ИИ.

Элементы корреляционных матриц суммарных законов распределения при задании нормальных законов распределения векториальными отклонениями \vec{a}_i , $i = 1, 2, \dots, m$, определяются [7] выражениями

$$k_{11} = \frac{1}{2\rho^2} \sum_{i=1}^m a_{ix}^2; k_{22} = \frac{1}{2\rho^2} \sum_{i=1}^m a_{iz}^2; k_{12} = \frac{1}{2\rho^2} \sum_{i=1}^m a_{ix} a_{iz}, \quad (7)$$

где a_{ix} , a_{iz} – проекции векториального отклонения \vec{a}_i на оси декартовой прямоугольной системы координат xOz ; $\rho \approx 0,4769$.

Дисперсии σ_ζ^2 , σ_η^2 и угол β_ζ наклона оси $O\zeta$ к оси Oz , соответствующие главным направлениям ζ , η (параллельным, соответственно, осям Oz и Ox) суммарных законов распределения, рассчитываются по формулам [7]

$$\sigma_\zeta^2 = \rho^2 \left[k_{11} + k_{22} + \sqrt{(k_{11} - k_{22})^2 + 4k_{12}^2} \right]; \quad (8)$$

$$\sigma_\eta^2 = \rho^2 \left[k_{11} + k_{22} - \sqrt{(k_{11} - k_{22})^2 + 4k_{12}^2} \right]; \quad (8)$$

$$\beta_\zeta = 0,5 \arctg \left[2k_{12} / (k_{11} - k_{22}) \right]. \quad (9)$$

В рассматриваемых условиях единичные эллипсы суммарных ошибок определения координат целей на момент одновременного включения БРЛС УС группы являются композицией трех единичных кругов радиусов $\sigma_{кр.ц}$, $\sigma_{кр.н}$ и $\sigma_{кр.цс}$ и единичного эллипса, образованного из-за ошибок курса и скорости целей на интервале T_y времени устаревания, с полу диаметрами $T_y \sigma_{V_0}$ и $T_y \sigma_{K_0}$, где σ_{K_0} выражена в радианах.

Используя формулы (7), получаем следующие выражения для элементов корреляционных матриц суммарных законов распределения:

$$k_{11} = \frac{1}{2\rho^2} \left(\sigma_{кр.ц}^2 + \sigma_{кр.н}^2 + \sigma_{кр.цс}^2 + T_y^2 \sigma_{V_0}^2 \right);$$

$$k_{22} = \frac{1}{2\rho^2} \left(\sigma_{кр.ц}^2 + \sigma_{кр.н}^2 + \sigma_{кр.цс}^2 + T_y^2 V_0^2 \sigma_{K_0}^2 \right); k_{12} = 0.$$

Суммарные законы распределения, характеризующие ошибки местоположения целей, определяются единичными эллипсами с полу диаметрами σ_ζ и σ_η и углом β_ζ наклона осей $O\zeta$ к оси Oz , рассчитанными по формулам (8), (9) как

$$\sigma_\zeta = \sqrt{\sigma_{кр.ц}^2 + \sigma_{кр.н}^2 + \sigma_{кр.цс}^2 + T_y^2 \sigma_{V_0}^2};$$

$$\sigma_\eta = \sqrt{\sigma_{кр.ц}^2 + \sigma_{кр.н}^2 + \sigma_{кр.цс}^2 + T_y^2 V_0^2 \sigma_{K_0}^2}; \beta_\zeta = 0.$$

Значение $\beta_\zeta = 0$ означает, что главные полуоси $O\zeta$ эллипсов ошибок расположены вдоль линий, параллельных генеральному курсу ордера (оси Oz).

Размеры эллипсов суммарных ошибок выбираются равными $a_\zeta = 3,2\sigma_\zeta$, $b_\zeta = 3,2\sigma_\eta$, что гарантирует нахождение в пределах этих эллипсов соответствующих целей с вероятностью 0,994.

Перейдем теперь к процедуре назначения УС на цели (для их повторного поиска), выполняемого с учетом собственных номеров N_c УС.

Считаем, что УС, разведенным по фронту, присвоены собственные номера N_c в соответствии с положением их координат в упорядоченном ряду

$$z_{yc1} < z_{yc2} < \dots < z_{yci} < \dots < z_{ycn},$$

т. е. УС с координатой z_{yci} присвоен собственный номер $N_c = i$.

На множество целей также установлено координатное отношение порядка, т. е. цели упорядочены по возрастанию координаты z и в случае совпадения целей по этой координате – по возрастанию координаты x :

$$(z_{цj_2} > z_{цj_1}) \vee ((z_{цj_2} = z_{цj_1}) \wedge (x_{цj_2} > x_{цj_1})) \Rightarrow (j_2 > j_1). \quad (10)$$

Цели пронумерованы в соответствии с правилом (10) и соответствующим образом, при необходимости, переопределен вектор достартового распределения УС по целям ордера.

Тогда назначение УС на цели формализуется следующей итерационной процедурой:

1) полагается $N_c = 1$;

2) полагается $l = 1$;

3) вычисляется $G_l = \sum_{j=1}^l n_j / n$;

4) если $G_l \geq N_c / n$, то УС с номером N_c назначается для обнаружения цели с номером l в упорядоченном ряду, иначе полагается $l = l + 1$ и осуществляется переход к п. 3;

5) если $N_c < n$, то полагается $N_c = N_c + 1$ и осуществляется переход к п. 2, иначе назначение УС на цели ордера считается завершенным.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ БРЛС УС ГРУППЫ

Наиболее высоким уровнем комплексного использования БРЛС УС группы является создание единого информационного поля, когда режимы работы БРЛС всех УС согласованы между собой. Для согласования необходимо, чтобы все БРЛС были синхронизированы, т. е. работали в единой шкале времени (ШВ), а для их УС была решена задача точной привязки с помощью навигационных средств и систем.

Если на УС успешно функционирует бортовая аппаратура спутниковой навигационной системы (СНС), то обеспечива-

ется высокоточное определение их координат и скоростей. По данным, приведенным в [9], при потенциально достижимых точностях СКО навигационных комплексов GPS и ГЛОНАСС составляют 5...40 м по положению и 0,04...0,2 уз (0,02...0,1 м/с) по скорости. Однако условия, при которых можно рассчитывать на доступность для бортовой аппаратуры УС сигналов таких систем, могут и не выполняться, например, при постановке активных помех или при ограничении доступа к СНС. Если возможности применения спутниковой навигации не имеется, то используется система инерциальной навигации (СИН), которая, хотя и обладает полной защищенностью от помех, но накапливает с течением времени ошибки по положению и по скорости. Комплексование СИН и СНС обеспечивает значительное повышение как точности, так и помехозащищенности объединенной навигационной системы. По сигналам спутниковой навигационной аппаратуры можно также достичь высокой точности синхронизации временных отметок [10].

В военное время, при подавлении спутниковой связи, синхронизация ШВ УС группы может быть осуществлена методом запросной радиолокации автономно – посредством системы обмена информацией между УС, входящей в состав их бортовой аппаратуры. Эта система используется также для одновременного включения передатчиков всех БРЛС для поиска целей. Частоты передатчиков БРЛС выбираются в зависимости от собственных номеров УС, а размеры секторов сканирования и углы ориентации их биссектрис – в зависимости от размеров больших диаметров эллипсов ошибок положения целей, на которые назначены УС, и координат соответствующих целей и УС.

При сканировании цель проходит через диаграмму направленности антенны, поэтому обнаружение осуществляется на скользящем интервале с использованием обнаружителя типа «скользящее окно». Для снижения пороговых отношений сигнал/шум на каждой БРЛС до принятия решения по обнаружению цели производится двоичное накопление импульсов пачки. Оптимальное значение порогового числа обнаружения (критерий « k из m ») может быть определено по эмпирической формуле [11] $k_{opt} = E(0,45m^{7/8} + 0,5)$, где $E(x)$ – целая часть числа x .

В качестве оценки азимута φ_n цели принимается полусумма углов начала φ_n и конца φ_k пачки с поправкой на половину длины скользящего окна: $\varphi_n = 0,5(\varphi_n + \varphi_k - m \cdot \Delta\varphi)$, где $\Delta\varphi$ – угол (со знаком, зависящим от направления вращения антенны), который луч антенны БРЛС проходит за один период зондирования (угловая позиция).

При работе БРЛС с перестройкой частоты несущая частота в пределах получаемой пачки сигналов изменяется, принимая на каждом периоде зондирования одно из N_j возможных значений. При этом несущая частота изменяется не хаотически, а регулярно, так что каждая из N_j возможных частот повторяется ровно через N_j периодов зондирования. Это позволяет в случае, если обнаружение цели проводится на каждой из используемых частот отдельно, получить усредненное (уточненное) по всем несущим частотам значение угла визирования цели.

В четвертом поколении БРЛС УС впервые был применен зондирующий сигнал с малой скважностью и внутримпульсной фазовой манипуляцией (ФМ) двоичным многоуровневым кодом на π радиан по закону псевдослучайных последовательностей (сложный сигнал). Главное преимущество ФМ сигнала перед другими видами сложных сигналов связано с его шумоподобным характером и криптостойкостью, а основным достоинством радиолокации с таким сигналом является высокий энергетический потенциал при высоком разрешении по дальности и ограниченной импульсной мощности излучаемого сигнала.

Обработка ФМ сигналов выполняется путем согласованной фильтрации (сжатия) на видеочастоте в двух квад-

ратурных каналах с использованием работающих в реальном масштабе времени цифровых фильтров, в которых длительность протяженного во времени сигнала сокращается до одного кванта.

Для эффективного сжатия сигнала предварительно необходимо исключить доплеровский сдвиг частоты, возникающий при сближении УС с целью. Обычно такая настройка выполняется по видеочастоте с помощью цифрового фазовращателя. В качестве величины, определяющей доплеровский сдвиг частоты, обусловленный движением УС, используется проекция его скорости на направление ориентации луча антенны.

С выходов квадратурных каналов сжатые во времени сигналы поступают в когерентный обнаружитель, где осуществляется когерентная межпериодная обработка – когерентное сложение амплитуд сигналов от нескольких зондирований. Для небольшого времени накопления можно принять, что фаза отраженных сигналов в пачке изменяется линейно, и использовать гармонические опорные функции для когерентного сложения их амплитуд, в частности математический аппарат дискретного преобразования Фурье. Вычисленный спектр амплитуд подается на пороговое устройство, которое выносит решение о наличии или отсутствии отраженного сигнала.

Для улучшения характеристик обнаружения возможно проведение нескольких обзоров. Использование при принятии решения критерия Неймана–Пирсона обеспечивает минимально возможную величину вероятности ошибок второго рода (пропуска цели) при условии, что вероятность ошибок первого рода (ложной тревоги) не больше заданной величины.

Если дополнительно на поиск j -й цели выделено n_j УС, то вероятность ее обнаружения можно представить в виде

$$P_{обн.}(j, n_j) = \sum_{i=1}^{n_j} d(1-d)^{i-1} = 1 - (1-d)^{n_j},$$

где d – вероятность обнаружения цели БРЛС одного УС.

Структура выражения (3) для среднего апостериорного ущерба такова, что приоритет при распределении УС группы по целям ордера имеют наиболее защищенные цели и цели, имеющие большие значения вероятности принадлежности к классу главных целей. В соответствии с этими же предпочтениями целесообразно распределять УС группы (т. е. использовать результаты достартового распределения УС) и для поиска главной цели ордера.

Тогда вероятность обнаружения БРЛС n УС главной цели ордера, состоящего из s целей, будет равна

$$P_{обн.гл.} = \sum_{j=1}^s P_j [1 - (1-d)^{n_j}], \quad (11)$$

где P_j – вероятность принадлежности j -й цели к классу главных целей; $(n_1^*, n_2^*, \dots, n_j^*, \dots, n_s^*)$ – оптимальный вектор достартового распределения УС группы (обеспечивающий максимальное значение среднего апостериорного ущерба); $\sum_{j=1}^s n_j^* = n$.

Для иллюстрации результатов проведенных теоретических исследований дадим сравнительную оценку двух стратегий коллективного поиска целей ордера – разработанной стратегии, основанной на использовании результатов достартового распределения УС группы по целям ордера, и стратегии равновероятного распределения поисковых усилий (ПУ) УС группы по целям.

ЧИСЛОВЫЕ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ГЛАВНОЙ ЦЕЛИ ОРДЕРА

Необходимые расчеты для количественной оценки влияния использования результатов достартового распределения УС группы по целям ордера на вероятность обнаружения главной цели выполним для двух типов ордеров – ТИП-1 и ТИП-2.

В качестве параметров, характеризующих процесс обнаружения главной цели, рассматривались следующие величины:

$P_{\text{обн.гл.}}, P_{\text{равн.}}$ – вероятности обнаружения главной цели с использованием соответственно разработанной стратегии поиска целей и стратегии, основанной на равновероятном распределении ПУ УС группы по целям;

$v = [(P_{\text{обн.гл.}} - P_{\text{равн.}}) / P_{\text{равн.}}] \times 100\%$ – относительный (по отношению к стратегии равновероятного распределения ПУ УС группы по целям) прирост вероятности обнаружения главной цели за счет использования разработанной стратегии поиска целей.

Вероятность $P_{\text{обн.гл.}}$ рассчитывалась по формуле (11). Рассчитаем вероятность $P_{\text{равн.}}$ для двух случаев ($n \leq s$ и $s < n \leq 2s$), используя непосредственный подсчет вероятностей.

Для $n \leq s$. Число возможных способов выбрать n целей из s для обнаружения n УС равно c_s^n . Благоприятствующими (когда среди n выбранных целей обязательно находится главная цель) являются случаи, когда из оставшихся (после того как выбрана главная цель) $s-1$ целей выбраны $n-1$ (это можно сделать c_{s-1}^{n-1} способами). Тогда $c_{s-1}^{n-1} / c_s^n = n/s$.

Искомая вероятность с учетом полной группы событий ($n/s + (s-n)/s = 1$) будет

$$P_{\text{равн.}} = \frac{n}{s} [1 - (1-d)^1] + \frac{s-n}{s} [1 - (1-d)^0] = \frac{n}{s} d,$$

где d – вероятность обнаружения цели БРЛС одного УС.

Для $s < n \leq 2s$. Рассуждая аналогично, получаем

$$P_{\text{равн.}} = \frac{n-s}{s} [1 - (1-d)^2] + \frac{2s-n}{s} [1 - (1-d)^1] = \frac{2s-n}{s} d + \frac{n-s}{s} [1 - (1-d)^2].$$

На рис. 2 представлены зависимости относительного прироста v вероятности обнаружения главной цели в порядке от количества n УС в группе для порядков ТИП-1 – сплошные линии и ТИП-2 – пунктирные линии при $d = 0,6$ (кривые 1) и $d = 0,8$ (кривые 2).

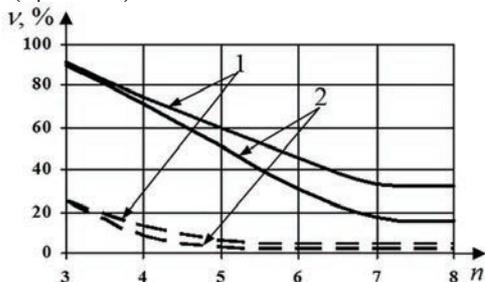


Рис. 2. Зависимость относительного прироста вероятности обнаружения главной цели в порядке от количества УС в группе

Анализ графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что разработанная стратегия поиска целей порядка имеет преимущество перед стратегией равновероятного распределения ПУ УС группы по целям.

Более высокий относительный прирост вероятности обнаружения главной цели в порядке ТИП-1 обусловлен двумя факторами:

– различимость главной цели и неглавных целей по РТ параметрам сигналов установленных на них РЛС в порядке

ТИП-1 более существенная, чем аналогичная различимость главной цели и неглавных целей в порядке ТИП-2. Данный фактор обеспечивает большее значение вероятности $P_{\text{обн.гл.}}$ для порядка ТИП-1;

– меньшее по сравнению с порядком ТИП-1 количество целей в порядке ТИП-2 обуславливает для него большее значение вероятности $P_{\text{равн.}}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана целесообразность проведения в корабельном комплексе приема и обработки информации по данным средств радиотехнической разведки внешнего (по отношению к носителю УС) источника информации достартового распределения УС группы по целям порядка и использования его результатов при организации коллективного поиска целей порядка БРЛС УС для обеспечения преимущественного обнаружения главной цели.

В рассмотренных условиях использование разработанной стратегии коллективного поиска целей порядка обеспечивает относительный прирост вероятности обнаружения главной цели в порядке ТИП-1 на 16...91%, в порядке ТИП-2 – на 2...25% (относительный прирост увеличивается с уменьшением количества УС в группе и уменьшается с увеличением вероятности обнаружения целей).

ЛИТЕРАТУРА

1. Коржавин Г.А., Подоплёкин Ю.Ф. Проблемы информационного обеспечения современных и перспективных ПКР // Морская радиоэлектроника. – 2011. – Вып. 2 (36). – С. 2 – 4.
2. Коржавин Г.А., Подоплёкин Ю.Ф., Мальцев О.Г. Распознавание типа морской групповой цели по информации корабельных средств пассивной локации // Морской вестник. – 2016. – Спец. вып., № 1 (12). – С. 7 – 10.
3. Подоплёкин Ю.Ф., Коржавин Г.А., Мальцев О.Г. Распределение группы управляемых летательных аппаратов по морским объектам в различных условиях информационной обеспеченности // Изв. РАРАН. – 2008. – Вып. 4 (58). – С. 33 – 38.
4. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и теория игр. – М.: Радио и связь, 1983. – 209 с.
5. Мальцев О.Г. Байесовские алгоритмы классификации объектов – носителей источников радиоизлучения // Изв. РАРАН. – 2005. – Вып. 4 (45). – С. 108 – 113.
6. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования / Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванского. – М.: Наука, 1965. – 458 с.
7. Володин Б.Г., Ганин М.П., Динер И.Я., Комаров Л.Б., Свешников А.А., Старобин К.Б. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций / Под общей ред. д-ра техн. наук проф. А.А. Свешникова. – М.: Наука, 1965. – 632 с.
8. Абезгауз Г.Г., Тронь А.П., Копенкин Ю.Н., Коровина И.А. Справочник по вероятностным расчетам. – М.: Воениздат, 1970. – 536 с.
9. Ярошенко С. Спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС. – URL: <http://citforum.ru/hardware/articles/gps-glonass> (дата обращения 23.10.2020).
10. Синхронизация шкал времени в глобальной спутниковой радионавигационной системе GPS. Обзор // Радиоэлектроника за рубежом. – 1978. – Вып. 20 (862).
11. Лёзин Ю.С. Двоичное накопление независимо флуктуирующих импульсных сигналов // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1991. – Т. 34. – № 1. – С. 61 – 63. ■

В декабрьском номере журнала «Морской вестник» за 2020 год (№ 4 (76)) опубликована статья В. В. Замукова, М. И. Романовой, Д. В. Сидоренкова, В. А. Михайлова «Пути оптимизации структур, систем управления ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) и ее место в составе комплексной системы управления техническими средствами корабля».

В статье приведены способы «нарезки» комплексной системы управления кораблем и, в частности, ядерной энергетической установкой, опирающиеся на недостаточно глубокий анализ функционала, взаимосвязи процессов управления, теплофизических параметров паропроизводящей установки (ППУ), паротурбинной установки (ПТУ), функций сотен единиц оборудования, обратных связей в контурах регулирования и управления. На основании искусственных построений авторами делаются далеко идущие выводы и формулируются предложения, на какие составные части следует разделить комплексные системы управления техническими средствами (КСУ ТС), какие технические условия и для каких «кусков» системы их необходимо выпускать, какие поставочные договоры надо заключать для организации поставки. На наш взгляд, эти предложения носят порочный характер: КСУ ТС – не колбаса, которую можно резать в любом направлении и продавать на вес.

Попробуем обосновать свою позицию.

1. В самом общем случае техническими средствами корабля (судна) управляют следующие системы: защиты ЯЭУ, управления ЯЭУ, управления (регулирования) подачи питательной воды, управления (регулирования) подачи пара, управления движением, управления общекорабельными системами, электропитания, центральная координирующая система и другие, перечисление которых ничего не добавляет к доказательной базе. Полагаю, что ни у кого не вызывает сомнения, что первые четыре системы управляют, обеспечивают защиту ЯЭУ, а также режимы расхолаживания по единому алгоритму, поскольку все теплофизические параметры по первому, второму контурам и пару связаны между собой. Мало того, координированное управление оборотами гребного винта (т. е. скоростью движения) может выполняться как с пульта системы управления ЯЭУ, так и – при необходимости – с пульта центральной координирующей системы, обеспечивая при этом взаимосвязанное регулирование мощности реактора за счет перемещения стерж-

К ВОПРОСУ О ПУТЯХ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ. ВЗГЛЯД РАЗРАБОТЧИКА

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, проф., ген. директор АО «Концерн «НПО «Аврора», контакт. тел. (812) 297 2311

ней компенсационных групп, расхода за счет синхронизированного изменения положения питательных клапанов и оборотов турбопитательных насосов, циркуляции теплоносителя первого контура за счет изменения оборотов циркуляционных насосов, оборотов ГТЗА за счет связанного управления ходовым клапаном и клапанами травления пара.

Кроме того, единая дублированная или троированная система электропитания обеспечивает «чистым» напряжением не только все вышеперечисленные системы, но и весь комплекс датчиков и сигнализаторов, участвующих в алгоритме управления и защиты ЯЭУ.

Поэтому странно предлагать отрезать от этой «колбасы» кусок и торговать им отдельно.

2. Корабль пр. 885М, к которому авторы, как мы полагаем, имеют отношение, спроектирован как высокоавтоматизированный корабль. На этом корабле предусматривается ряд автоматизированных режимов эксплуатации, в которых задействованы почти все технические средства корабля, от системы управления техническими средствами до системы осушения.

Интересно, как авторы предполагают «склеить» алгоритмы, организовать информационный обмен систем, поставленных по разным техническим условиям (ТУ) и по различным договорам; как будут осуществляться стендовые испытания отдельных систем в комплексных режимах?

3. Наконец, необходимо отметить следующее. То, что мы называем КСУ ТС, уже 10 лет со сдачи первого корабля четвертого поколения представляет собой глубоко интегрированную единую систему. В этой системе принята единая нумерация всех без исключения сигналов, единая система баз данных, единая система обмена между всеми приборами на основе троированных колец для систем безопасности и дублированных колец для всех остальных систем. Реализована декларативная рассылка сигналов через общекорабельную систему обмена данными, когда каждый вычислитель, входящий в интегрированную систему (а их сотни), получает полную информацию о том, что происходит на корабле, и согласно заложенному алгоритму решает, что ему делать в связи с поступившим сигналом. При этом весь этот интег-



Рис. 1. Стойки единой интегрированной системы управления крейсером пр. 1144 с двубортной ЯЭУ



Рис. 2. Интегрированная система управления крейсером пр. 1144 с двубортной ЯЭУ на стенде концерна в период комплексной отладки



Рис. 3. Монтаж испытательного стенда интегрированной системы

рированный управляющий комплекс обеспечен единой системой электропитания [1].

Так что, уважаемые коллеги, предлагаю ничего не резать. Опыт «отрезания», вычленения системы управления и защиты (СУЗ) из интегрированной системы с поставкой через поставщика оборудования ЯЭУ для заказов по пр. 885 М оказался крайне

отрицательным. Прошедшая межведомственные испытания (МВИ) система «Алиот» (СУЗ) почти год ждала на стенде остальные системы, а затем весь комплекс функциональных испытаний был повторен. В результате комплексная отладка и МВИ вместо стандартных шести месяцев продолжались год и девять месяцев. Хотя, справедливости ради, следует отме-

тить, что это была не единственная причина задержки.

С другой стороны, у АО «Концерн «НПО «Аврора» имеется положительный опыт разработки и поставки интегрированных систем [1–3]. Практически все поставки КСУ ТС по кораблям, находящимся в ведении ЦКБ МТ «Рубин», Северного ПКБ, осуществляются как интегрированная единая система, а в ряде случаев – с комплектом датчиков и сигнализаторов.

На рис. 1–3 представлена единая интегрированная система управления крейсером пр. 1144 с двубортной ЯЭУ на стенде концерна в период комплексной отладки.

По ледоколу «Лидер» (пр. 10510) контрактуются поставка единой интегрированной системы управления с двубортной ЯЭУ совместно с датчиками и арматурой системы безопасности.

ВЫВОДЫ

Дробление интегрированных систем управления – это возврат в 70-гг. прошлого века к системам второго поколения с отдельными регуляторами. Такая дезинтеграция нелогична, противоречит общемировым тенденциям, приведет к технологическим трудностям при проектировании, программировании, изготовлении, комплексной отладке КСУ ТС, потребует увеличения габаритов, энергопотребления, создаст сложности для кораблестроителей – основных заказчиков оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шилов К. Ю. Перспективы развития интегрированных корабельных систем четвертого поколения // Морской вестник. – 2018. – № 2 (66) – С. 81–84.
2. Шилов К. Ю., Сурич С. Н., Грек Б. В. Опыт разработки перспективной комплексной системы управления техническими средствами // Морской вестник. – 2018. – № 3 (67). – С. 93–95.
3. Шилов К. Ю. Современное состояние и направления развития АО «Концерн «НПО «Аврора» // Морской вестник. – 2020. – № 1 (73). – С. 86–89. ■

Правительством Российской Федерации в декабре 2019 г. утвержден План развития инфраструктуры Северного морского пути (СМП) на период до 2035 г. [1]. В нем предусмотрен ряд организационных мероприятий по стимулированию развития грузопотока и международного транзитного судоходства в акватории СМП, включая строительство морских логистических центров. В число этих мероприятий вошли:

- формирование на основе анализа потребностей российских и международных участников транспортного рынка требований к составу и характеристикам услуг, предоставляемых в акватории СМП в качестве международного морского транспортного коридора ежегодно, начиная с декабря 2020 г.;
- подготовка предложений по созданию и внедрению единой платформы цифровых сервисов, предоставляемых в акватории СМП – декабрь 2021 г.

Если за ключевые определения в формулировках этих мероприятий принять «международные участники», «международный транспортный коридор» и «морской путь», то становится очевидной необходимость обратиться в первую очередь к требованиям, подходам, опыту международных морских организаций при решении подобных задач. Представляется, что гармонизация предоставляемых сервисов с международными разработками и стандартами с учетом национальных требований и особенностей обеспечит необходимую глобальную конкурентоспособность международных, в том числе транзитных, перевозок в акватории СМП.

МОРСКИЕ СЕРВИСЫ В ПРЕДСТАВЛЕНИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ МОРСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Концепция портфолио морских сервисов (Maritime Service Portfolios – MSP) определена Международной морской организацией (ИМО) в Планах по внедрению стратегии e-Навигации [2]. В п. 17 Плана приведена таблица (приведена далее) с перечнем 16 видов морских сервисов, а в п. 18 определены 6 морских зон, где предполагается их предоставление. Далее в приложении 2 к плану даются дополнительные пояснения и приводится краткое описание, что включают в себя портфолио морских услуг.

MSP1 – информационный сервис (ИС) службы движения судов (СДС) определяется как услуга, обеспечивающая своевременное получение необходимой информации для принятия навигационных решений на борту судна.

ЕДИНАЯ ПЛАТФОРМА ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ: ПРИНЦИПЫ, СТАНДАРТЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В.В. Ефимов, канд. техн. наук, доцент, директор по продвижению,
Д.Ю. Сарычев, канд. техн. наук, директор департамента,
АО «Кронштадт Технологии»,
контакт. тел. (812) 449 9090, доб. 387-01, +7 (911) 988 4255,
+7 (921) 742 4970

Таблица

Портфолио морских сервисов

Обозначение	Наименование	Поставщик
MSP1	Информационный сервис	Руководство службы движения судов
MSP2	Сервис навигационной помощи	Государственный компетентный орган службы движения судов/береговая или портовая администрация
MSP3	Сервис организации движения	Государственный компетентный орган службы движения судов/береговая или портовая администрация
MSP4	Портовый сервис	Оператор порта/гавани
MSP5	Сервис информации о безопасности на море	Государственный компетентный орган
MSP6	Сервис лоцманской проводки	Руководство лоцманской службы/лоцманская организация
MSP7	Сервис буксирного обеспечения	Порт/коммерческая буксирная организация
MSP8	Сервис сообщений судно-берег	Государственный компетентный орган/судовладелец/компания-оператор/капитан
MSP9	Сервис телемедицинской помощи	Государственная/специализированная медицинская организация
MSP10	Сервис помощи на море	Прибрежная/портовая администрация/организация
MSP11	Сервис морских карт	Государственная гидрографическая администрация/организация
MSP12	Сервис морских публикаций	Государственная гидрографическая администрация/организация
MSP13	Сервис ледовой навигации	Государственный компетентный орган/организация
MSP14	Сервис метеорологической информации	Государственная метеорологическая администрация/международная метеорологическая организация/государственные учреждения
MSP15	Сервис гидрографической информации режиме реального времени	Государственные гидрографическая и метеорологическая администрации
MSP16	Сервис поиска и спасания	Государственная компетентная администрация/организация

Соответствующая информация передается в фиксированное время и через определенные промежутки времени или предоставляется, когда СДС сочтет это необходимым, а также по просьбе судна. ИС СДС включает в себя информацию о движении судов, позволяет взаимодействовать с ними и реагировать на развивающиеся ситуации на морских путях. Информационный сервис должен предоставлять необходимую и своевременную информацию для оказания помощи в процессе принятия решений на борту, которая может включать в себя следующие данные (но не ограничиваться ими):

- идентификационные данные, состояние, намерение и расположение судов;
- поправки и изменения в обнародованной информации, касающейся района СДС, такой как границы,

процедуры, радиочастоты, точки формирования докладов;

- обязательную отчетность о движении судов;
- метеорологические и гидрологические условия, уведомления морякам, – состояние средств навигации;
- ограничения маневренности судов в районе СДС, которые могут налагать – ограничения на плавание других судов или любые другие потенциальные препятствия;
- любую информацию, касающуюся безопасного плавания судна.

ИС СДС предназначен для повышения безопасности и эффективности движения судов, а также для защиты окружающей среды. По существу, этот сервис предоставляет судоводителям справочную информацию, включающую в себя маршруты движения, морские каналы, уровень безопасности, причалы,

якорные стоянки, временной интервал, состояние и оценка интенсивности движения, условия водного пути, погоду, навигационные опасности и любые другие факторы, которые могут повлиять на транзит судна, а также местоположения, идентификаторы и намерения других судов.

MSP2 – сервис навигационной помощи (СНП) определяется как оказание помощи в принятии навигационных решений на борту судна и мониторинга их последствий. СНП может быть предоставлен по запросу судна в таких обстоятельствах, как отказ оборудования или незнание навигационной обстановки. Конкретные примеры развивающихся ситуаций, в которых СДС может предоставить навигационную помощь, включают в себя: риск посадки на мель, отклонение судна от рекомендуемого маршрута или плана плавания, неуверенность судна в своем положении или неспособность определить свое положение, неуверенность судна в маршруте к месту назначения, помощь судну в постановке на якорь, неисправность навигационного оборудования или систем управления движением судна, неблагоприятные условия (например, плохая видимость, сильный ветер), опасность столкновения судов, опасность столкновения с неподвижным объектом или иной навигационной опасностью, помощь судну по просьбе капитана в случае неожиданной недееспособности ключевого члена команды.

MSP3 – сервис организации движения (СОД) определяется как оказание помощи в предотвращении развития опасных морских транспортных ситуаций и обеспечении безопасного и эффективного движения судов в районе СДС. Сервис организации движения должен предоставляться, когда СДС уполномочена оказывать соответствующие услуги, например, когда:

- движение судов должно быть спланировано или иметь преимущество для предотвращения затоплений или опасных ситуаций;
- специальные транспортные средства или суда с опасными или загрязняющими грузами могут влиять на поток других перевозок и должны быть организованы;
- действует специальная система получения разрешений на движение или схемы плавания;
- должно быть организовано распределение пространства акватории;
- установлена обязательная отчетность о перемещениях в зоне СДС;
- необходимо следовать специальными маршрутами;
- следует соблюдать ограничения скорости;

- СДС наблюдает за развитием ситуации и считает необходимым взаимодействовать и координировать движение судов;
- морская деятельность (например, парусные регаты) или незавершенные морские работы (например, дноуглубительные работы или прокладка подводных кабелей) могут препятствовать потоку движения судов.

MSP4 – портовый сервис (ПС) применим к тем портам, где была проведена оценка того, что полноценная СДС является чрезмерной или неуместной. Основное отличие ПС от сервисов СДС заключается в том, что он не связан с движением, не требует наличия способности и/или ресурсов реагировать на развивающиеся ситуации, связанные с движением судов и оперативного отображения этого движения. Предоставление ПС предназначено для повышения безопасности порта и координации портовых услуг в рамках портового сообщества путем распространения портовой информации среди судов и операторов причалов или терминалов. Он в основном обеспечивает управление портом, предоставление информации о причалах и портовых условиях. ПС может также выступать в качестве средства связи между судами и смежными службами, а также служить основой для реализации планов действий порта в чрезвычайных ситуациях. Например, ПС может включать в себя: информацию о причалах; доступность портовых услуг; графики обслуживания и перемещения судов; метеорологические и гидрологические данные.

MSP5 – сервис информации о безопасности на море (Maritime Safety Information – MSI) – это предоставление навигационных и метеорологических предупреждений, метеорологических прогнозов и других срочных сообщений, связанных с безопасностью, передаваемых судам. Служба MSI – это координируемая на международном и национальном уровнях сеть передач, содержащих срочную информацию, необходимую на судах оборудованием, которое автоматически отслеживает соответствующие передачи, отображает информацию, имеющую отношение к судну, и обеспечивает возможность вывода этой информации на печать. Официальными поставщиками информации для MSI являются:

- национальные гидрографические управления – для навигационных предупреждений и данных коррекции карт;
- национальные метеорологические службы – для предупреждения и прогнозирования погоды;
- спасательные координационные

центры – для оповещения с берега на судно о бедствии;

- международный ледовый патруль – для предупреждения об опасности океанических льдов.

Конкретная информация о средствах обеспечения навигации и ограничениях на безопасное судоходство, являющаяся частью сервиса MSI, предоставляется национальными властями. Она может включать в себя, но не ограничивается следующим типом информации, которая должна быть доступна морякам:

- состояние средств навигационного оборудования;
- состояние глобальных навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений;
- операции с буями;
- ограничение безопасной навигации, например, допустимая высота под мостом/воздушным кабелем, новые опасности, строительные или дноуглубительные работы.

MSP6 – сервис лоцманской проводки имеет целью гарантировать безопасность движения на море и защиту окружающей среды путем предоставления лоцманов, обладающих достаточной квалификацией для безопасного плавания в прибрежном районе. Проводка судна в каждой лоцманской зоне осуществляется лоцманом, имеющим специальный опыт и знания местных особенностей. Эффективная лоцманская проводка зависит, среди прочего, от эффективности коммуникаций и обмена информацией между лоцманом, капитаном и персоналом на ходовом мостике и от взаимного понимания функций и обязанностей друг друга. Портативный лоцманский комплект (ПЛК) – полезный инструмент для безопасной навигации в условиях как ясной, так и ограниченной видимости. Данные, доступные ПЛК, должны представлять структурированным, согласованным и надежным образом, а интерфейс доступа к такой электронной навигационной информации должен быть стандартизирован. Установление эффективной координации между лоцманом, капитаном и персоналом ходового мостика при помощи взаимодействия между судовыми системами и ПЛК будет способствовать безопасной и быстрой проводке судна.

MSP7 – сервис буксирного обеспечения нацелен на эффективность буксировочных операций и зависит, в частности, от эффективности коммуникаций и обмена информацией между соответствующими заинтересованными сторонами. Буксирные службы привлекаются для обеспечения движения на море и для защиты окружающей среды путем проведения таких операций:

- транспортные операции (доставка членов команды и обслуживающего

персонала из порта к якорной стоянке);

- операции по оказанию помощи судну (например, швартовка);
- спасательные работы (снятие судна или морского объекта с мели);
- береговые операции;
- буксирные (портовые/океанские) операции;
- эскортные операции;
- операции по ликвидации разливов нефти.

MSP8 – сервис сообщений судно – берег имеет целью охрану судоходства на море, обеспечение безопасности экипажей, охрану окружающей среды и повышение эффективности морских операций. «Единое окно» – одно из важнейших решений для снижения нагрузки моряков (количества времени, затрачиваемого на подготовку и подачу отчетов в береговые органы). Для достижения этой цели как можно больше отчетов и сообщений должны быть автоматически сгенерированы средствами бортовых систем. Сервис сообщений судно – берег может включать и некоторые другие важные возможности:

- однократный ввод отчетной информации в «единое окно»;
- автоматизированный сбор внутренних судовых данных для отчетности;
- стандартизированные цифровые форматы для всех национальных требований к отчетности, основанные на формах ИМО;
- автоматическое или полуавтоматическое цифровое распространение/передача требуемой отчетной информации.

MSP9 – сервис телемедицинской помощи заключается в оказании поддержки члену экипажа на борту судна, ответственного за медицинскую помощь, в принятии решений и консультировании его, когда лечение не может быть отложено. Сегодня это в основном делается с помощью голосовой связи с использованием УКВ, КВ, СВ радио или электронной почты. С внедрением e-Навигационных решений, цифровизацией радиокommunikаций и соответствующим оснащением судов можно ожидать улучшения качества дистанционной диагностики и даже лечения. С этой целью должны быть созданы центры телемедицины, предоставляющие медицинские консультации морякам 24 часа в сутки, 365 дней в году. Эти центры должны быть постоянно укомплектованы врачами, специализирующимися на проведении дистанционных консультаций и хорошо разбирающимися в особенностях лечения на борту судна. Стандартизация морской телемедицины является как необходимой, так и желательной. Это, во-первых, повысит качество медицинской практики,

а, во-вторых, стандартизация отчетности и регистрации медицинских событий создаст гораздо лучшую основу для ее совершенствования.

MSP10 – сервис помощи на море (СПМ) служит для обеспечения взаимодействия между экипажем судна, нуждающимся в помощи, службами прибрежного государства, и другими членами морского сообщества. Это могут быть судовладельцы, спасательные службы, портовые власти, брокеры и т. д. СПМ должен находиться в состоянии 24-часовой готовности к развертыванию оперативной помощи и профессиональной поддержки судам в связи с борьбой с загрязнением окружающей среды, пожарами и взрывами на борту, столкновениями, посадкой на мель, безопасностью морских перевозок, смягчением последствий терроризма. К ситуациям, в которых экипажам требуется СПМ, относятся следующие:

- с судном произошел инцидент (потеря груза, случайная утечка нефти и т. д.), который незначительно влияет его мореходность, но тем не менее должен быть сообщен;
- судно, по оценке капитана, нуждается в помощи, но не находится в бедственной ситуации, которая требует спасения экипажа и пассажиров;
- судно находится в бедственной ситуации, часть экипажа уже спасена, за исключением тех, кто остался на борту или доставлен на судно для устранения аварии или спасательных работ.

СПМ предполагает внедрение процедур и инструкций, позволяющих передавать любую необходимую информацию компетентной организации и требующих, чтобы соответствующие организации использовали СПМ для установления контакта с судном.

MSP11 – сервис морских карт предоставляет геопространственную информацию (в цифровом и/или печатном формате) для поддержки безопасного морского судоходства. Типы информации, отображаемой на морских картах, включают в себя конфигурацию береговой линии и морского дна, глубины, опасные для судоходства места, расположение и характеристики средств навигационного обеспечения, якорные стоянки и другие особенности, имеющие отношение к морскому судоходству. Сервис морских карт должен содержать функции обновления для обеспечения того, чтобы все навигационные продукты и услуги поддерживались в актуальном состоянии. Обновленная информация должна предоставляться в стандартизированном формате. Сети распространения геопространственной информации должны выполнять стандартизированную процедуру удостоверения подлинности дан-

ных, чтобы обеспечить их безопасную и надежную передачу и доставку.

MSP12 – сервис морских публикаций предоставляет набор навигационной информации, доступной для конкретного морского района. Он включает в себя информацию о портах и морских районах, дополняющую морские карты, контактную информацию органов власти и обеспечивающих служб, а также правила, ограничения, рекомендации и другая морская информация, применимая в этих районах. Информация, традиционно предоставляемая в обновленных морских публикациях, такая как направления плавания, списки огней, уведомления морякам, таблицы приливов и все другие сведения, необходимые для предполагаемого плавания, может быть доставлена с берега на судно в цифровом формате. Для этого сервис морских публикаций включает в себя:

- услугу обнаружения, позволяющую пользователям определять, что доступно в интересующей их области (географической и контекстной);
- услугу заказа, позволяющую пользователям заказывать требуемую информацию у идентифицированных поставщиков;
- услугу доставки, позволяющую пользователю своевременно получать требуемую информацию.

MSP13 – сервис ледовой навигации имеет решающее значение для обеспечения безопасности плавания судов, учитывая скорость устаревания ледовых карт в быстро меняющихся навигационных условиях районов, покрытых льдом. Сервис включает в себя:

- информацию о состоянии льда и оперативные рекомендации/предписания;
- информацию о состоянии льда вокруг судна;
- рекомендованные маршруты судов;
- данные о дрейфе и инерции ледовых полей;
- информацию ледового патруля об айсбергах;
 - заказ на ледокольную проводку.

MSP14 – сервис метеорологической информации играет важную роль в обеспечении безопасности движения на море, предоставляя цифровые прогнозы погоды и соответствующую информацию морякам для поддержки принятия ими своих решений. Такая информация включает в себя:

- прогноз погоды, наличие/отсутствие осадков;
- периоды похолодания/потепления;
- температура воздуха, скорость и направление ветра,
- облачность и атмосферное давление.

В руководстве Всемирной метеорологической организации по морской метеорологии определены два типа мор-

кой метеорологической информации: прогнозы и предупреждения для открытого моря; прогнозы и предупреждения для прибрежных, морских и локальных районов (включая порты и гавани).

MSP15 – сервис гидрографической информации в режиме реально времени имеет важное значение для обеспечения безопасности судоходства на море и защиты окружающей среды. Предоставляемая сервисом информация включает в себя:

- текущую скорость и направление течения;
- высоту волны;
- батиметрические данные;
- рекомендованные пути.

MSP16 – сервис поиска и спасания нацелен на эффективное использование времени и выделение необходимых спасательных ресурсов, терпящим бедствие. В операции поиска и спасания обычно участвуют несколько действующих лиц. Ручной/голосовой обмен информацией может легко привести к неправильной передаче позиций, зоны поиска и другой значимой информации, и даже небольшая задержка может стать причиной пересечения границы между жизнью и смертью. Отсутствие языковых навыков было определено в качестве одной из основных проблем в области коммуникации при операциях поиска и спасания. Обмен цифровой информацией и последующий доступ к ней мог бы привести к огромной экономии времени, позволив координационно-спасательным центрам своевременно получить доступ к точным и актуальным данным, а также значительно снизить человеческие ошибки в судебном расследовании дел о спасании. Примеры информации, которая может быть передана в электронном виде для устранения этих проблем, включают в себя:

- последнюю известную позицию;
- области поиска;
- поисковые ресурсы;
- прогнозы дрейфа;
- радиочастоты;
- спутниковую съемку области поиска;
- прямую трансляцию и изображения из поисковых ресурсов;
- изображения объектов поиска.

Сервис поиска и спасания должен также обеспечивать эвакуацию тяжелораненого или больного человека с судна на море, когда этому человеку требуется медицинская помощь раньше, чем судно сможет доставить его в медицинское учреждение на берегу.

В соответствии с Планом [2] в июне 2019 г. Комитетом по безопасности на море IMO (Marine Safety Committee – MSC) был принят документ «Первоначальные операции морских сервисов в контексте е-Навигации» [3]. Координирующим разработку описаний мор-

ских сервисов органом является IMO при поддержке таких международных организаций, как Международная ассоциация морских навигационных систем и маячных служб (IALA); Международная гидрографическая организация (ИГО); Всемирная метеорологическая организация (ВМО); Международная ассоциация морских лоцманов (ИМА); Международная ассоциация морского здоровья (ИМНА); Международная ассоциация портов и гаваней (ИНМА).

В этом документе предложен шаблон описания морских сервисов для всех 16 MSP. Этот шаблон включает краткое описание предоставляемой информации, ее назначение, особенности и примеры использования, обеспечивающие технические сервисы. Под техническим понимается цифровой сервис, предоставляемый электронным устройством другому электронному устройству. При этом констатируется, что собственно морской сервис может быть реализован несколькими техническими. В числе разработчиков стандартов для технических сервисов, помимо уже названных организаций, указаны Международная электротехническая комиссия (ИЕС), Международный союз электросвязи (ИТУ), Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО (ИОС UNESCO).

В первоначальном описании морских сервисов некоторые разделы остались незаполненными и подлежат дальнейшей разработке. MSC призвал государства – члены IMO, международные организации и другие заинтересованные стороны внести свой вклад в работу по согласованию формата и структуры морских услуг, с этой целью довести первоначальные описания до сведения лиц, ответственных за разработку или внедрение морских услуг.

ПРИНЦИПЫ И СТАНДАРТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ МОРСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МАЯЧНЫХ СЛУЖБ

Международная ассоциация морских навигационных систем и маячных служб (IALA) в 2015 г. как разработчик Плана внедрения стратегии е-Навигации обратилась к мировому морскому сообществу с призывом о необходимости гармонизации региональных решений на основе международных стандартов [4]. В обращении сказано, что если не будет гармонизации региональных решений, то существует опасность, что несовместимые решения будут реализованы во всем мире. Это приведет к неэффективности обработки данных электронными системами и путанице в морском сообществе. И то и другое потенциально может поставить под угрозу безопасность на море.

Также в 2015 г. IALA опубликовала общие принципы построения архитектуры береговой инфраструктуры для нужд е-Навигации [5]. Всем разработчикам е-Навигационных решений при разработке и внедрении продуктов и услуг для своих заказчиков рекомендовано руководствоваться следующими принципами:

1. Сервис-ориентированная архитектура (COA) при проектировании и реализации береговых и судовых систем. COA – это шаблон проектирования, в котором прикладные компоненты предоставляют услуги другим компонентам через коммуникационный протокол морской мировой интрасети. Применение принципа сервисной ориентации не зависит от какого-либо поставщика, продукта или технологии.

2. Информационно-ориентированное проектирование для компоновки системы: все технические решения, как правило, должны быть основаны на моделировании данных.

3. Модульность и инкапсуляция при сохранении целостного представления о требуемой функциональности системы;

4. Общность – применение согласованной и идеально единообразной модели для всех технических услуг, предоставляемых системой, независимо от технологии;

5. Открытая архитектура системы, применение открытых и стандартизированных интерфейсов между компонентами и службами. Исключение, как правило, проприетарных интерфейсов.

6. Удаленный доступ – использование методов удаленного доступа там, где это возможно, чтобы обеспечить минимальное количество центров технической эксплуатации и технического обслуживания. Исключение применения, как правило, компонентов, не имеющих возможности удаленного доступа;

7. Ролевой доступ к компонентам системы. В частности, дифференцирование роли и персонала для задач эксплуатации и технического обслуживания, с одной стороны, роли и персонала для задач оптимизации системы, с другой стороны.

8. Максимальная ориентация на требования пользователя, включая требования об ориентированном на человека дизайне и/или уровнях качества обслуживания, а также четкое и последовательное согласование этих требований, приводящее к созданию действительно требуемого продукта.

9. Управление жизненным циклом системы, предотвращение «быстрых решений» с соответствующими долгосрочными затратами.

10. Учет национальных нормативных ограничений при проектировании

архитектуры системы и возможных последующих поправок к существующим нормативным актам, основанных на развитии архитектуры системы.

В помощь заказчикам и разработчикам е-Навигационных решений IALA предлагает серии стандартов. Эти стандарты включают в себя перечни руководств и рекомендаций, которые должны быть либо использованы, либо приняты во внимание при работе над морскими сервисами. Например, стандарт S1040 перечисляет руководящие документы по сервисам управления движением судов. Эти документы, а также другие стандарты, рекомендации и руководства можно найти в свободном доступе на сайте IALA после простой регистрации [6].

Одним из важнейших документов, относящихся к стандарту по информационным сервисам IALA, является Руководство по разработке спецификации технических сервисов [7]. В целом руководство направлено на улучшение понятности и доступности технических сервисов и предоставляемой ими информации. Это позволяет поставщикам услуг, потребителям и регулирующим органам иметь общее представление о техническом сервисе, а также о том, как его внедрять и использовать.

МОРСКАЯ КОММУНИКАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА КАК ОСНОВА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МОРСКИХ СЕРВИСОВ

Основной международной инициативой, объединяющей подходы к разработке, регистрации, функционированию и предоставлению цифровых морских сервисов, является создание Морской коммуникационной платформы. Очевидно, что морские сервисы должны соответствовать определенным критериям доступности, надежности и своевременности, при этом должны обеспечивать двустороннюю передачу данных, позволяющую подтверждать доставку информации. Для решения этой задачи в концепции е-Навигации предложено использовать защищенные интернет-каналы в совокупности с существующими и будущими цифровыми средствами радиокommunikации. В результате набор интернет-сервисов станет доступным исключительно идентифицированным пользователям, как на берегу, так и на судне. При этом должна обеспечиваться беспрепятственная интеграция и автоматический переход между имеющимися у пользователя коммуникационными средствами.

С этой целью специалистами и была предложена основанная на хорошо отработанных облачных технологиях интернета концепция Морского облака (Maritime cloud), предназначенного первоначально для решения приоритетных

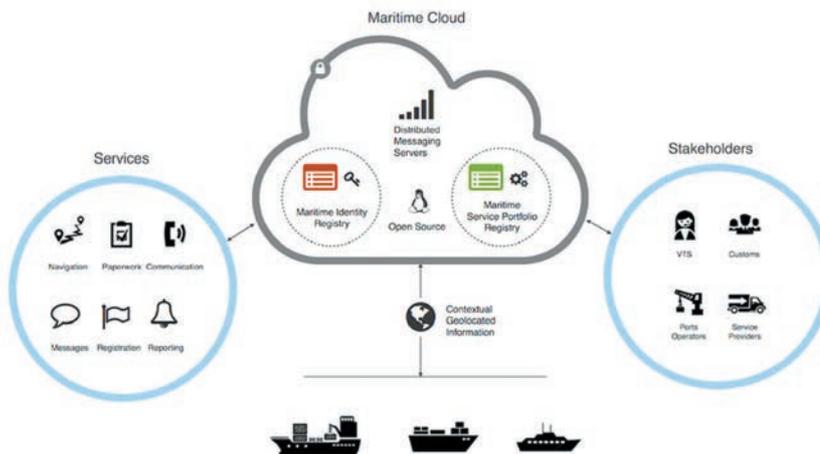


Рис. 1. Концепция Морского облака

задач стратегического плана е-Навигации (рис. 1). Однако по мере развития концепции ее цель была переосмыслена и расширена до цифровизации морской сферы деятельности в целом. Одновременно было уточнено и изменено название на «Морская коммуникационная платформа» (Maritime Connectivity Platform).

Морская коммуникационная платформа (МКП) как концепция развивается в течение ряда лет. Развитие значительно активизировалось после 2015 г., когда три крупных проекта начали сотрудничать по совместному использованию и дальнейшему развитию технологии. Это были проекты Европейского союза «EfficienSea2», «STM validation» и южнокорейский проект «SMART Navigation». Этими проектами были созданы морские испытательные полигоны для тестирования технологий МКП, и около ста организаций были подключены к платформе.

МКП, не являясь ни облачным хранилищем, ни облачным вычислителем, предоставляет всем авторизованным стейкхолдерам возможность эффективного, безопасного, надежного обмена информацией в рамках морских информационных сервисов. При этом соблюдаются основные принципы разработки:

- удобство и простота регистрации, поиска и использования информационных сервисов;
- обязательность идентификации и ис-

пользование электронной подписи для установления связи;

- обмен информацией между любыми клиентами, подключенными к МКП, независимо – людьми, посредством человеко-машинного интерфейса, или сервисами.

С точки зрения процесса объединения заинтересованных сторон для предоставления и использования информационных услуг, МКП является автоматическим коммутатором, посредством которого клиенты остаются на связи, независимо от используемого конечного оборудования и программного обеспечения. Основой сервис-ориентированной структуры являются базовые сервисы (рис. 2): морской реестр идентификации (Identity Registry); реестр морских сервисов (Service Registry); морской сервис передачи сообщений. (Messaging Service).

8 февраля 2019 г. в рамках конференции «e-Navigation Underway International 2019», организованной IALA, был учрежден консорциум Морской коммуникационной платформы [8]. В него вошли правительственные, индустриальные и научные организации Европы и Азии. В 2020 г. к ним присоединилась российская компания АО «Кронштадт Технологии». Единогласно заявленной целью консорциума является создание МКП как основы для цифровизации всех морских секторов



Рис. 2. Базовые сервисы Морской коммуникационной платформы

мировой экономики: e-Навигации, интеллектуального судоходства, морской логистики, управления морским трафиком и автономными надводными судами. С этой инициативой, ее участниками и результатами работы можно познакомиться на сайте МКП [9].

В России с 2020 г. в рамках дорожной карты «Маринет» Национальной технологической инициативы в масштабном проекте «Е-НАВ» [10] используется подход и разрабатываются технологии, которые должны обеспечить, с одной стороны, выполнение Россией обязательств в рамках ИМО, с другой – обеспечить предоставление цифровых морских сервисов в акваториях морей, российской зоны ответственности. В проекте решаются одновременно три группы взаимосвязанных задач с соответствующей разработкой инновационных коммерческих продуктов, являющихся ключевыми элементами экосистемы технических и программных средств цифровизации морского транспорта:

- береговая часть экосистемы – программное обеспечение и технические средства морской коммуникационной платформы (МКП);
- связанная часть экосистемы – береговая аппаратура автоматической системы обмена данными (АСОД) в полосе ОВЧ морской подвижной службы;
- судовая часть экосистемы – интегрированная навигационная система, обеспечивающая доступ к глобальным e-Навигационным сервисам и их национальным и региональным каталогам.

Наиболее значимым результатом проекта, с точки зрения развития цифровых морских сервисов, является российский сегмент Морской коммуникационной платформы. Основными пользователями этой платформы будут государственные структуры и структуры приморских субъектов России, а также администрации портов и региональных систем управления движением судов. Также МКП обеспечит регистрацию морских сервисов и их предоставление по запросу коммерческим пользователям, включая зарубежных провайдеров услуг и иностранных суда. Способствовать этому должно, во-первых, объединение российского сегмента МКП с зарубежными сегментами Балтийского моря и арктической зоны Европы, созданными в рамках проекта EfficienSea2, а во-вторых, распространение доступности предоставляемых сервисов на другие морские акватории, включая российский СМП.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Международное морское сообщество предприняло уже достаточно боль-

шие усилия по стандартизации и гармонизации разработок в области предоставления морских информационных услуг в интересах обеспечения безопасности судоходства, охраны окружающей среды, повышения эффективности морской деятельности. Максимальное использование, с учетом национальных требований и особенностей, результатов этой деятельности при выполнении Плана развития СМП на период до 2035 г. будет способствовать достижению глобальной конкурентоспособности перевозок по СМП.

2. АО «Кронштадт Технологии» как индустриальный член IALA и участник международного консорциума по разработке Морской коммуникационной платформы предлагает использовать рекомендации ИМО и стандарты IALA при разработке единой платформы цифровых сервисов СМП (ЕПЦС СМП) и самих сервисов. Эти предложения направлены на безусловное обеспечение всех заинтересованных в эффективном и безопасном использовании СМП сторон широким и не ограниченным перечнем морских информационных услуг с требуемым качеством, включая точность, целостность, надежность, непрерывность и своевременность предоставления информации.

3. Работы по созданию ЕПЦС СМП предлагается начать с разработки архитектуры, как это принято при разработке информационных систем. Основными субъектами этой архитектуры являются технические средства и программные комплексы, представляющие организации, ответственные за мониторинг и управления судовой навигацией, судоводителей, судовладельцев, администрации портов, поставщиков гидрографической и метеорологической информации, распространителей электронных навигационных карт и другие заинтересованные стороны.

4. Центральным элементом информационной архитектуры ЕПЦС СМП должна стать Морская коммуникационная платформа СМП – сегмент международной Морской коммуникационной платформы. МКП как своеобразный автоматический коммутатор предоставит всем авторизованным стейкхолдерам, включая международных участников перевозок по СМП, возможность эффективного, безопасного, надежного обмена информацией в рамках морских информационных сервисов.

5. При разработке ЕПЦС СМП предлагается руководствоваться общими принципами построения архитектуры береговой инфраструктуры для нужд e-Навигации от IALA. А создание береговой и судовой инфраструктуры СМП – выполнять изначально с ориентировкой на перспективные средства морс-

кой цифровой радиокommunikации, в том числе, и на автоматическую систему обмена данными (АСОД) как основной канал доставки информационных сервисов по линиям судно-судно, судно-берег и берег-судно. Это позволит говорить о создании информационной экосистемы СМП. В результате информационная экосистема СМП будет построена в соответствии с принципами сервис-ориентированной архитектуры и основана на использовании распределённых, слабо связанных компонентов, оснащённых стандартизированными интерфейсами и взаимодействующих по стандартизированным протоколам. При этом каждый субъект экосистемы будет представлен набором сервисов, взаимодействующих с помощью МКП.

6. При разработке сервисов СМП предлагается использовать предложенную ИМО и IALA единую структуру морских сервисов. В частности, принять и руководствоваться портфолио морских сервисов ИМО, дополняя их, исходя из потребностей и особенностей СМП. Взять за основу шаблон описания морских сервисов IALA, приложив усилия для определения технических сервисов, необходимых для функционирования морских сервисов из перечня MSP и новых, требуемых для акватории СМП. Руководство по разработке спецификации технических сервисов IALA использовать для выдачи заданий предприятиям промышленности и IT-компаниям на создание технических и программных средств, обеспечивающих функционирование цифровых сервисов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2019 года № 3120-р.
2. Draft e-Navigation Strategy Implementation Plan, NCSR 1/28, 16 July 2014, Annex 7.
3. MSC.1/Circ.1610 Initial descriptions of Maritime Services in the context of e-Navigation.
4. IALA recommendation E-148 – The Need to Implement Regional e-Navigation Solutions Based on International Standards.
5. IALA Recommendation e-NAV-140 The Architecture for Shore-based Infrastructure 'fit for e-Navigation'.
6. Интернет ресурс <https://www.iala-aism.org/>, дата обращения 20.01.2021.
7. IALA Guideline G1128 – The Specification of e-Navigation Technical Services.
8. Интернет ресурс <https://www.iala-aism.org/launching-of-the-maritime-connectivity-platform-consortium/>, дата обращения 20.01.2021.
9. Интернет ресурс <https://maritime-connectivity.net/>, дата обращения 20.01.2021.
10. Интернет ресурс <https://marinet.org/ru/e-navigation-testbed-and-development-of-equipment-for-e-navigation/#more-725>, дата обращения 20.01.2020. ■

В настоящее время в связи с ужесточением требований к обеспечению надежности, устойчивости, качеству и безопасности функционирования объектов специальной и социальной инфраструктуры все большая их доля может быть отнесена к разряду автономных, не требующих при своей работе обязательной связи с внешними техническими системами жизнеобеспечения. При этом все большее их количество изготавливается и применяется в нестационарном исполнении в виде мобильных комплексов на базе транспортабельных либо самоходных модулей. К данной категории объектов могут быть отнесены комплексы транспортно-производственного и жилого назначения, хранения и обслуживания техники, жизнеобеспечения и т. п., например, пункты временного базирования морского и речного флота, полевые парки размещения и обслуживания техники, склады и базы хранения материальных средств, лагеря временного размещения, бытового и медицинского обслуживания населения и специальных формирований.

При временном размещении объектов специальной и социальной инфраструктуры возникает целый ряд проблем, связанных с их жизнеобеспечением и защитой от угроз безопасности. Таким образом, защита автономных нестационарных объектов (АНО) специальной и социальной инфраструктуры от угроз безопасности в настоящее время является одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих их эффективное функционирование во всех эксплуатационных и возможных аварийных режимах работы.

В работах [1, 2] для обеспечения комплексной защиты и жизнеобеспечения автономных объектов была предложена автоматизированная робототехническая система управления жизнеобеспечением и безопасностью на основе комбинированного применения оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий (КОЭС), а также реализации инновационных технологий когенерации, аккумулярования, частотного регулирования и преобразования энергии.

Особенности данной разработанной комплексной системы – возможность полной автоматизации, удаленного управления и компоновки основного оборудования в одном блоке, что представляется особенно актуальным при решении вопросов защиты и жизнеобеспечения нестационарных объектов.

В работах [3–6] приводятся сведения относительно разработанных на базе применения предложенных комплексных систем управления с КОЭС автоматизированных робототехнических комплексов безопасности жиз-

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЛИКА СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

И.О. Прутчиков, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник НИИ ВАМТО, В.В. Камлюк, д-р техн. наук, ген. директор ООО «НПО 122 УМР», Д.В. Сизько, мл. науч. сотрудник НИИ ВАМТО, контакт. тел. +7 (981) 125 4682

необеспечения автономных объектов (РКБЖ). Особенности РКБЖ, а именно комбинированное применение оптико-электронных средств обнаружения и распознавания событий (КОЭС), совместное применение новых принципов и технологий когенерации, аккумулярования, частотного регулирования и преобразования энергии (ЧРПЭ), удаленного активного интеллектуального мониторинга и управления (ИУУ) по нечетким алгоритмам, позволяют им обеспечивать эффективную комплексную защиту нестационарных объектов специальной и социальной инфраструктуры от угроз физической, энергетической, экологической и других видов безопасности.

В настоящее время в области разработки и решения вопросов защиты и жизнеобеспечения автономных объектов имеется несколько подходов. Первый из них ориентирован на первоочередное использование собственных средств защиты и жизнеобеспечения объекта, которыми оборудуются его структурные элементы – технологические модули, оборудование, средства и системы индивидуальной защиты и т. п. Второй подход предполагает дополнительное оснащение объекта отдельными системами защиты и жизнеобеспечения, выполненными на временной стационарной или мобильной модульной основе. Возможен также третий подход, при котором в состав объекта вводятся модули комплексной защиты и аварийного жизнеобеспечения, аналогичные рассмотренному выше РКБЖ. Рациональное построение систем защиты и жизнеобеспечения автономного нестационарного объекта (АНО) является в настоящее время актуальным предметом исследований, требующим разработки специального расчетно-методического аппарата. Проведенные анализы и исследования показали, что наиболее целесообразно выполнить расчетно-аналитическую оценку техническо-

го уровня и выбор рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности таких объектов с использованием метода анализа иерархий (МАИ) [7].

С помощью МАИ анализ проблемы принятия решений начинается с построения модели данной проблемы в виде иерархической структуры, которая включает цель, критерии, альтернативы и другие факторы, влияющие на выбор. Общий порядок применения МАИ при решении проблем выбора и принятия решений следующий:

1. Построение модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки альтернатив.
2. Определение приоритетов всех элементов иерархии с использованием метода парных сравнений.
3. Синтез глобальных приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов на иерархии.
4. Проверка суждений на согласованность.
5. Принятие решения на основе полученных результатов.

Выполненные исследования позволили разработать модель оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности АНО и представить ее в виде иерархической структуры, как это показано на рис. 1.

В соответствии с разработанной моделью была составлена и реализована на ПЭВМ методика оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности АНО специальной и социальной инфраструктуры. Согласно рис. 1 целью расчетов и оценок по данной методике является определение наиболее рационального по техническому уровню облика (конфигурации) систем комплексной защиты от угроз безопасности автономных нестационарных объектов.

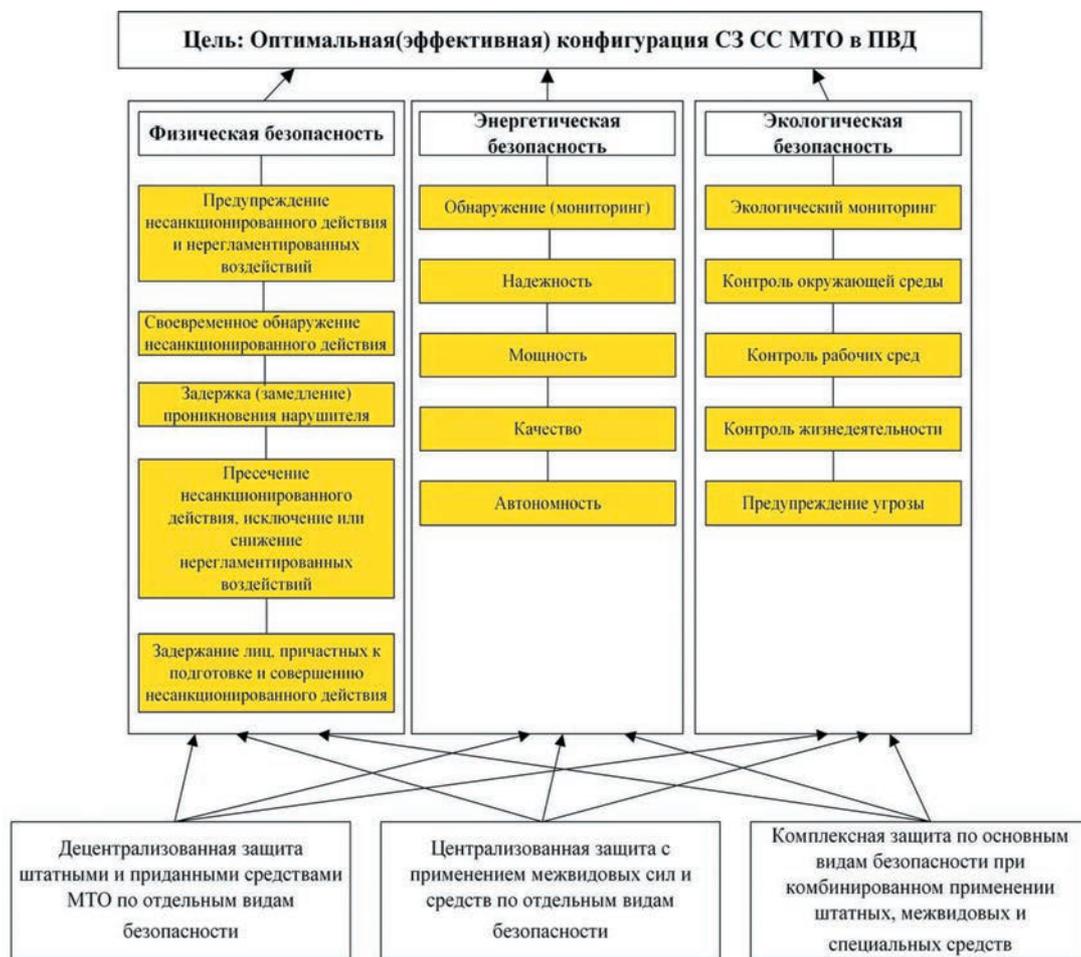


Рис. 1. Иерархическая структура проблемы выбора рационального облика систем комплексной защиты автономных нестационарных объектов

В качестве альтернатив в данной методике предложено использовать три варианта конфигурации систем комплексной защиты нестационарных объектов:

- децентрализованная защита объекта штатными средствами защиты и жизнеобеспечения;
- комбинированная защита с применением штатных и приданных средств

- защиты и жизнеобеспечения по отдельным их видам;
- комплексная совмещенная защита по основным видам жизнеобеспечения и безопасности при комби-

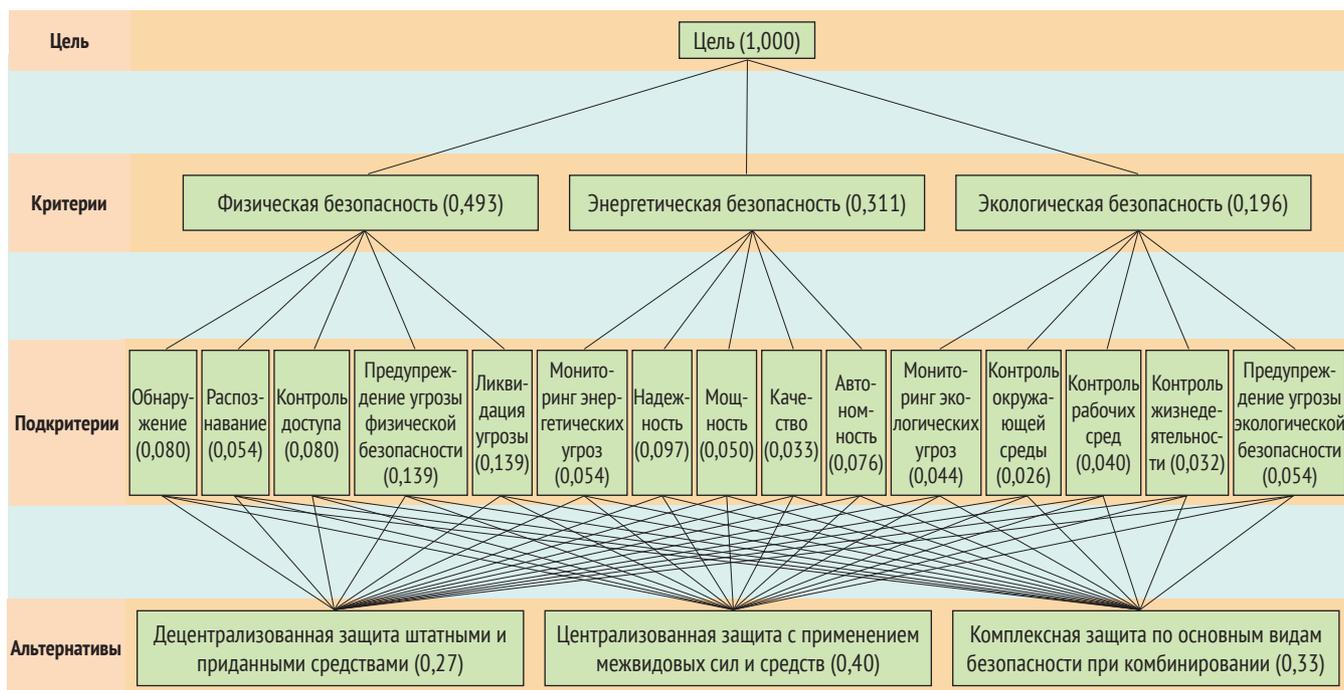


Рис. 2. Представление иерархии проблемы выбора оптимальной конфигурации систем комплексной защиты от угроз безопасности автономных нестационарных объектов по методу анализа иерархий

нированном применении штатных, приданных и специальных средств защиты и жизнеобеспечения.

В качестве критериев были выбраны три основные угрозы безопасности: физическая, энергетическая и экологическая. Подкритерии составленной иерархической структуры показаны на рис. 1. Далее с целью реализации разработанной модели на ПЭВМ и в соответствии выбранными альтернативами, критериями и подкритериями была составлена иерархическая структура, представленная на рис. 2, имеющая 4 уровня и 22 узла.

При реализации разработанной модели на ПЭВМ была использована программа СППР «Выбор» [7]. Согласно методу анализа иерархий, реализованному в СППР «Выбор», после составления иерархической структуры решаемой проблемы следующим этапом моделирования является сравнение критериев и подкритериев в зависимости от уровня значимости, с последующим составлением матриц парных сравнений. В качестве примера АНО был принят полевой парк размещения специальной техники в условиях средней полосы России. Всего было составлено 19 матриц парных сравнений критериев. На рис. 3. приведена одна из таких матриц.

На заключительном этапе моделирования согласно разработанной методике и используемому пакету программ СППР «Выбор» на ПЭВМ выполняется расчет проекта и вывод результата вычислений, например, в виде диаграммы, как это показано на рис. 4.

Таким образом, в результате проведенных расчетов по предложенной методике с использованием разработанной модели и ее реализации на ПЭВМ с помощью СППР «Выбор» было выявлено, что в качестве рационального облика (конфигурации) систем комплексной защиты от угроз безопасности АНО целесообразно рассматривать комплексные совмещенные системы с комбинированным применением штатных, приданных и специальных средств защиты и жизнеобеспечения.

При этом разработанные модель и методика оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности АНО специальной и социальной инфраструктуры, реализованные на ПЭВМ с использованием СППР «Выбор», позволяют выполнить широкий круг оценочных исследований по расчету, рациональному построению и эффективному применению технических систем комплексной защиты и безопасности данных объектов различного назначения и при различных условиях применения.

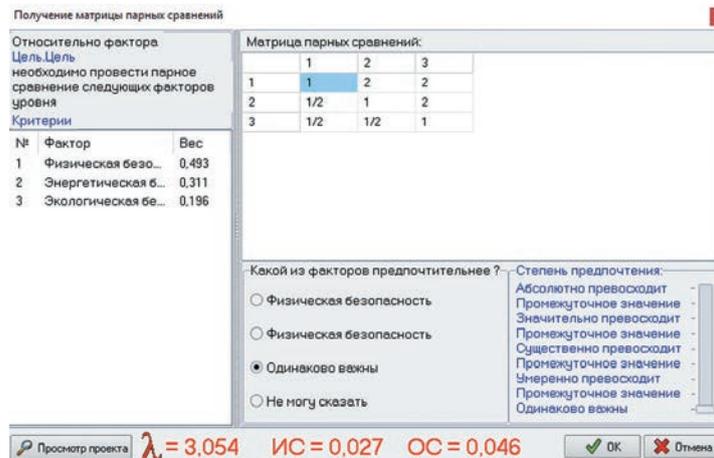


Рис. 3. Матрица парных сравнений №1

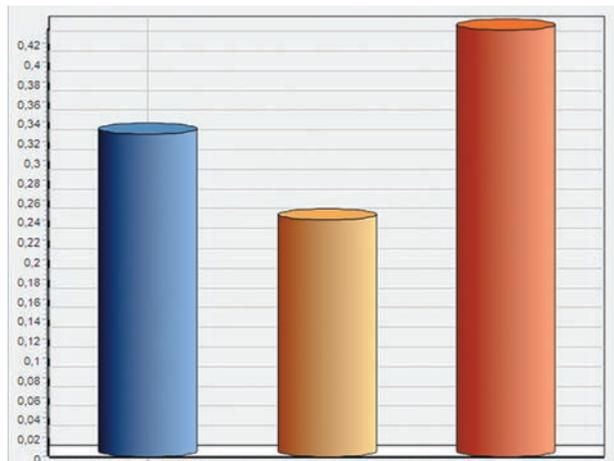


Рис. 4. Диаграмма результатов вычислений

■ – децентрализованная защита штатными и приданными средствами МТО по отдельным видам безопасности (0,327), ■ – централизованная защита с применением межвидовых сил и средств по отдельным видам безопасности (0,24), ■ – комплексная защита по основным видам безопасности при комбинировании штатных, межвидовых и специальных средств (0,43)

ЛИТЕРАТУРА

1. Прутчиков И.О., Камлюк В.В., Сизько Д.В. Комплексная система мониторинга, контроля и управления техническими системами жизнеобеспечения и безопасности автономных объектов. – Патент на изобретение (РФ) № 2719714. Опубл. 13.05.2019 г.
2. Прутчиков И.О., Камлюк В.В. Комбинированные энергоустановки автономных объектов с частотным регулированием и преобразованием энергии. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2007. – 448 с.
3. Прутчиков И.О., Камлюк В.В. и др. Модули энергетической безопасности автономных объектов на базе комбинированных энергоустановок // Двигателестроение. – 2019. – №1(275). – С.28–32.
4. Прутчиков И.О., Сизько Д.В. и др. О необходимости разработки мобильных модулей энергетической безопасности для автономных нестационарных объектов оборонной инфраструктуры Современные транспортные технологии: задачи, проблемы, решения. – Сб. трудов III Всеросс. (с международным участием) науч.-практ. конфер. научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, ОУ ВО «Южно-Уральский институт управления и экономики», Челябинск, 2019, с.165–171.
5. Прутчиков И.О., Сизько Д.В. и др. Перспективы разработки и применения мобильных модулей энергетической безопасности на базе самоходных шасси с электротрансмиссией. Актуальные проблемы защиты и безопасности. – Тр. XXII Всеросс. науч.-практ. конфер. РАН, Санкт-Петербург, 2019, с. 92–96.
6. Прутчиков И.О., Сизько Д.В. и др. Повышение безопасности жизнеобеспечения автономных нестационарных объектов оборонной инфраструктуры автоматизированными системами активного оптико-электронного мониторинга с комбинированным применением средств обнаружения и распознавания событий. Актуальные проблемы защиты и безопасности. – Тр. XXII Всеросс. науч.-практ. конфер. РАН, Санкт-Петербург, 2019, с.125–129.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. ●

С 1 января 2018 г. вступил в силу Федеральный закон № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры РФ», в соответствии с которым значительная часть организаций и предприятий стала субъектами критической информационной инфраструктуры (КИИ).

Под *критической информационной инфраструктурой* понимают объекты КИИ, а также сети электросвязи, используемые для организации взаимодействия таких объектов. Объектами КИИ являются информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети (ИТКС), автоматизированные системы управления (АСУ) субъектов КИИ [1].

Под субъектами КИИ в соответствии с ФЗ №187 понимают государственные органы и учреждения, российских юридических лиц и (или) индивидуальных предпринимателей, которым на правах собственности, аренды или на ином законном основании принадлежат ИС, ИТКС, АСУ, функционирующие во многих сферах, в том числе и в оборонной [1].

Под действие закона подпали предприятия и организации, функционирующие в сфере судостроения, а также организации связи, энергетики, здравоохранения, финансового рынка, топливно-энергетического комплекса, атомной энергии, оборонной, ракетно-космической, химической промышленности и других важных отраслях.

На современном высокотехнологичном этапе развития информационных (ИС) и автоматизированных систем (АС), внедрения высокоинтеллектуальных информационных технологий, цифровой трансформации организаций и их бизнес-процессов на предприятиях, особенно оборонной отрасли, возросла актуальность обеспечения информационной безопасности (ИБ), в частности, защиты информации (ЗИ) от компьютерных атак (КА), предпринимаемых как иностранными государствами, так и организациями-конкурентами, ведущими промышленный шпионаж.

Доля атакуемых промышленных предприятий (по данным из отчета «Актуальные киберугрозы: II квартал 2020 года» компании Positive Technologies) среди других категорий жертв возросла в 2020 г. по сравнению с предыдущим на 20% и составила 25% (рис. 1).

Под *компьютерной атакой* понимают целенаправленное воздействие программных и (или) программно-аппаратных средств на объекты КИИ, сети электросвязи, используемые для организации взаимодействия таких объектов, в целях нарушения и (или) прекращения

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК

В.Г. Ерышов, канд. техн. наук, доцент Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения,
Р.Д. Куликов, специалист по интернет-проектам АО «Армалит»,
контакт. тел. (812) +7 (904) 600 5380

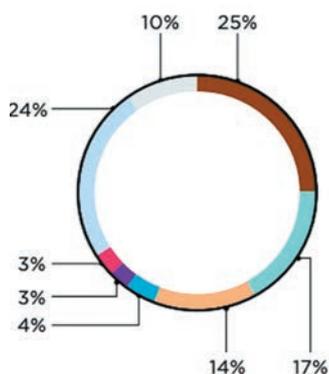


Рис. 1. Категории жертв компьютерных атак среди юридических лиц
■ – промышленность, ■ – медицинские учреждения, ■ – госучреждения, ■ – ИТ-компании, ■ – финансовые организации, ■ – торговля, ■ – другие, ■ – без привязки к отрасли

их функционирования и (или) создания угрозы безопасности обрабатываемой такими объектами информации [1].

Компьютерные атаки приводят к компьютерным инцидентам – нарушению и (или) прекращению функционирования объекта КИИ, сети электросвязи, используемой для организации взаимодействия таких объектов и (или) нарушению безопасности обрабатываемой таким объектом информации, в том числе произошедшему в результате компьютерной атаки [1]. Деструктивные воздействия на объекты КИИ, реализуемые системами осуществления КА, могут привести к следующему:

- потере управляемости технологического процесса предприятия (блокировке управления, несанкционированному управлению);
- потере видимости технологического процесса (вальсификация измерений датчиков);
- модификации различных параметров технологического процесса;
- отказу в обслуживании, аварии или останову технологического процесса, деградации вычислительных ресурсов.

Как правило, КА реализуются после проведения предварительной компьютерной разведки (КР), под которой будем понимать целенаправленную де-

ятельность по добыванию с помощью средств вычислительной техники и специального программного обеспечения разведывательной информации в ИС, системах связи, а также активные действия, направленные на получение несанкционированного доступа (НСД), несанкционированные воздействия (НСВ) на защищаемую информацию, нарушение нормального функционирования ИС и систем связи [2].

Под НСВ понимают воздействие на информацию с нарушением правил доступа, приводящее к утечке, искажению, подделке, уничтожению, блокированию доступа к информации, а также к утрате, уничтожению или сбою функционирования ИС, т.е. к компьютерным инцидентам [2].

Фактически защита от КА является составной частью более общего процесса: защиты от КР, поэтому будем считать, что КА реализуются более общей системой, а именно системой КР.

Недобросовестные конкуренты, представители системы КР, нарушители ИБ для достижения своих целей используют различные современные средства и системы, с помощью которых получают НСД к конфиденциальной информации (КИ), обрабатываемой в ИС организаций, а также НСВ как на КИ, так и на ИС.

В связи с этим для служб информационной безопасности (СИБ) любого предприятия актуальной становится задача обеспечения защиты от КА и КР в целом. Также при рассмотрении вопросов ЗИ необходимо учитывать непреднамеренные воздействия (НПВ), возникающие в ИС из-за технических отказов СЗИ и ошибок пользователей.

Для обеспечения требований ФЗ №187, приказов ФСТЭК и ФСБ по комплексной защите объектов КИИ предприятия, а также для построения адекватной существующим угрозам ИБ системы ЗИ (СЗИ) объектов КИИ организации одной из важнейших задач становится исследование процесса защиты от КА (КР) ИС (АС), функционирующих на защищаемых объектах КИИ организаций.

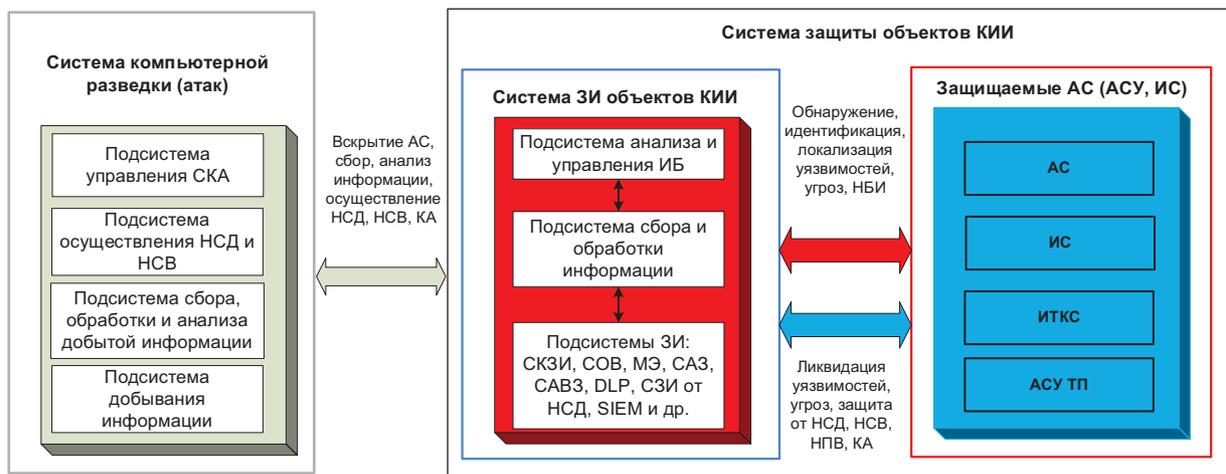


Рис. 2. Обобщенная модель процесса ЗИ от КР (КА) объектов КИИ

В целях исследования эффективности процесса ЗИ от КА и разработки требований к СЗИ актуальной является задача моделирования данного процесса с целью определения вероятностно-временных характеристик, зависимостей, показателей, происходящих в них событий и состояний.

Для этого могут применяться различные методы моделирования, в том числе аналитические и имитационные. Имитационное моделирование позволяет наиболее достоверно моделировать процессы появления нарушений безопасности информации (НБИ) в ИС, всесторонне анализировать возможности органов КР и исследуемой СЗИ. В связи с этим необходимо разработать имитационную модель, которая позволит в результате моделирования получить характеристики и зависимости процессов, происходящих в системе КР и СЗИ от нее.

Под НБИ будем понимать любое событие, при котором нарушается доступность, конфиденциальность, целостность и достоверность информации, а также осуществление НСД, НСВ, КА на ИС.

На рис. 2 изображена обобщенная модель процесса ЗИ от КР (КА) объектов КИИ предприятий.

Обобщенная модель процесса ЗИ от КР (КА) включает в себя:

1) систему компьютерной разведки (атак) и подсистемы, реализующие добычу, сбор, анализ, управление и принятия решений, осуществления НСД и НСВ, КА;

2) систему ЗИ и ее подсистемы: сбора и обработки информации, анализа и управления, защиты информации;

3) защищаемые объекты, такие как АС, ИС, ИТКС. В современных организациях могут функционировать автоматизированные системы управления, информационные системы объектов КИИ, а также автоматизированные системы управления технологическими процессами производства (АСУ ТП).

Защищаемый объект КИИ может включать в себя следующие основные элементы: различное интеллектуальное коммутационное оборудование; сегмент, состоящий из внешних серверов (прокси, почтовый, файл, web, ДНСР, FTP серверы); сегмент, состоящий из внут-

ренних серверов (корпоративные, терминальные, баз данных, контроллер домена, серверы приложений), и сегмент объекта КИИ, состоящий из АРМ управляющих систем, АРМ, управляющих станками с ЧПУ и другими критически-ми технологическими процессами.

Система ЗИ объектов КИИ должна включать в себя следующие основные подсистемы: криптографической защиты – СКЗИ (VPN), обнаружения вторжений (СОВ), антивирусной защиты (САВЗ), анализа защищенности (САЗ), защиты от утечки КИ (DLP), СЗИ от НСД, управления ИБ (СУИБ, SIEM), АРМ (сервер) администратора безопасности информации (АБИ), который осуществляет управление процессом ЗИ и СЗИ, межсетевой экран (МЭ), и ряд других вспомогательных систем (резервирования, восстановления, виртуализации и т.д.).

Основная задача КР состоит в том, чтобы путем пассивного и активного сканирования IP-адресов элементов ИС, перехвата, обработки и анализа сетевого трафика выявить структуру ИС и ее технические параметры, вскрыть ее,

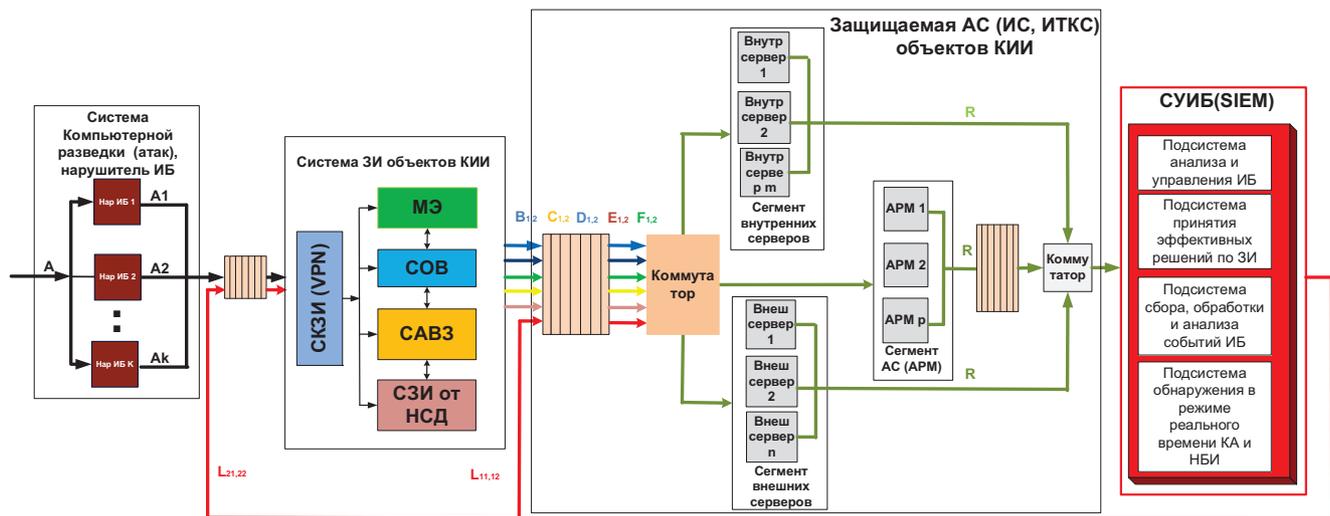


Рис. 3. Обобщенная структурная схема имитационной модели процесса защиты объектов КИИ от КР

А – поток заявок по созданию НБИ, **В** – поток заявок, прошедших через СКЗИ, **С** – поток заявок, прошедших через САВЗ, **Д** – поток заявок, прошедших через СОВ, **Е** – поток заявок, прошедших через СЗИ от НСД, **Ф** – поток заявок, прошедших через МЭ, **Р** – поток заявок, прошедших через АРМ, внутренние и внешние серверы, **Л** – поток заявок, прошедших через СУИБ

после чего принять решение на осуществление того или иного вида действия, в том числе посредством КА.

Основными задачами комплексной СЗИ объекта КИИ являются своевременное обнаружение и устранение уязвимостей, угроз ИБ, обнаружение и предотвращение НБИ (КА), расследование инцидентов и минимизация последствий от реализации КА.

Одной из известных систем, предназначенных для создания имитационных моделей, является система имитационного моделирования «AnyLogic» как одна из эффективных систем, позволяющих моделировать ИС, процессы в сфере информационных технологий, которые можно представить в виде последовательности операций. С помощью данной системы можно моделировать ИС (АС) и процессы, рассматривая их как последовательность операций, включающих в себя: генерацию и завершение потоков заявок, очереди, задержки, захват ресурсов, выделение ресурсов, необходимых для выполнения различных операций. В связи с этим и был выбран данный инструмент для построения исследуемой модели [3].

Исходными данными, необходимыми для имитации действий КР, нарушителя ИБ, процесса защиты объекта КИИ являются:

- количество органов разведки (нарушителей ИБ);
- требуемые вероятности и времена обнаружения, идентификации, анализа, принятия решения на вскрытие ИС, осуществление НБИ (КА);
- количество и типы средств ЗИ объектов КИИ (защищаемых АС);
- требуемые вероятности и времена обнаружения, идентификации и предотвращения НБИ (КА).

Модель представляет собой имитационную модель, реализованную в системе имитационного моделирования «AnyLogic» [3].

На рис. 3 показана обобщенная структурная схема имитационной модели процесса защиты объектов КИИ от КР, реализованной в виде совокупности нескольких связанных между собой многоканальных систем массового обслуживания (сети СМО) с очередями и приоритетами в обслуживании с очередями с экспоненциальными временами обслуживания заявок [3].

В разработанной имитационной модели последовательность действий КР и последовательность функционирования СЗИ с целью обнаружения и ЗИ от КР моделируется с помощью следующих основных модулей [3]:

- модуль № 1, в котором осуществляется имитация органов КР (нарушителя ИБ), процесса вскрытия защищаемой ИС нарушителем ИБ,



Рис. 4. Структурная схема обобщенного алгоритма имитации функционирования системы КР

состоящего из подпроцессов обнаружения, анализа и принятия решения на осуществление НБИ (КА). Структурная схема обобщенного алгоритма имитации функционирования органа КР представлена на рис. 4 [3];

- модуль № 2, в котором осуществляется имитация процесса функционирования элементов ИС (АС) объекта КИИ: АРМ сотрудников, внешних и внутренних серверов, появления НПВ из-за технических и программных сбоев СЗИ и ошибок пользователей. Схема обобщенного алгоритма имитации функционирования ИС (АС) представлена на рис. 5 [3];
- модуль № 3, в котором осуществляется имитация процесса функцио-

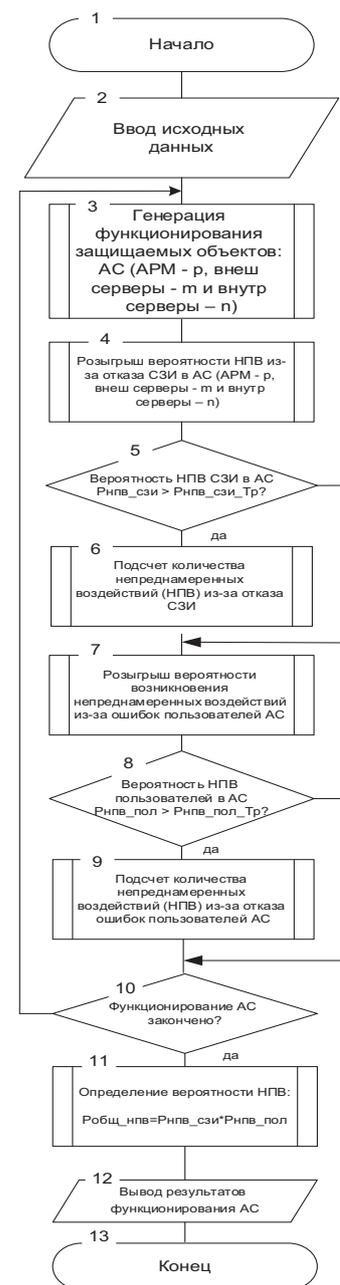


Рис. 5. Структурная схема обобщенного алгоритма имитации функционирования ИС (АС) объекта КИИ

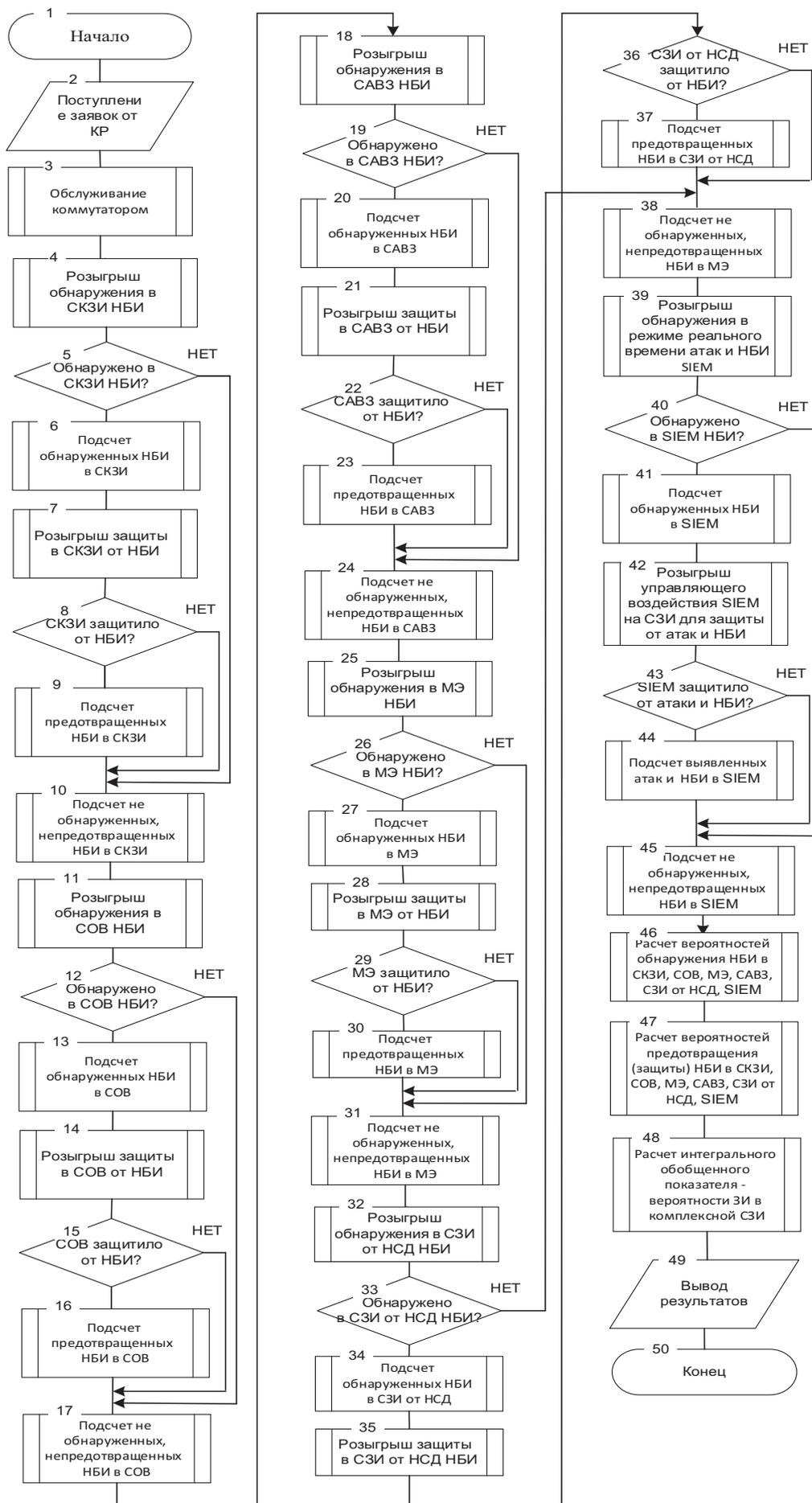


Рис. 6. Структурная схема обобщенного алгоритма имитации функционирования комплексной СЗИ объекта КИИ в процессе обнаружения и предотвращения НБИ (КА)

нирования комплексной системы защиты объекта КИИ, состоящей из подсистем: СКЗИ, СОВ, САВЗ, МЭ, СЗИ от НСД, СУИБ. Имитируются процессы обнаружения и предотвращения НБИ и защиты информации от КР (КА). Структурная схема обобщенного алгоритма имитации функционирования комплексной СЗИ представлена на рис. 6 [3].

В имитационной модели орган КР представляет собой сеть СМО без очередей с экспоненциальными временами обслуживания заявок. Моделируется общий поток заявок от системы КР (группы нарушителей ИБ) – «А» на осуществление процессов обнаружения, анализа и принятия решения на вскрытие защищаемой ИС, принятие решения о методе воздействия и осуществления НБИ (КА). Система ЗИ объекта КИИ в разработанной модели представлена совокупностью последовательно включенных друг за другом подсистем ЗИ: СКЗИ, СОВ, САВЗ, МЭ, СЗИ от НСД, каждая из которых также представляет собой многоканальную СМО без очередей с экспоненциальными временами обслуживания заявок.

Поток заявок от системы КР – «А» последовательно проходит через данные подсистемы ЗИ, в которых имитируются процессы обнаружения и предотвращения НБИ. Поток заявок от КР по осуществлению НБИ, обнаруженных и предотвращенных подсистемами ЗИ завершается на данных подсистемах ЗИ.

Оставшийся поток заявок от системы КР по осуществлению НБИ, не обнаруженных и предотвращенных, подсистемами ЗИ («В1», «С1», «D1», «E1», «F1») попадает в элементы ИС: внешние, внутренние серверы и АРМ пользователей. Далее поток заявок – «R» попадает на СУИБ (СИЕМ), которая на основе сбора, обобщения, анализа всех данных от подсистем ЗИ может обнаружить и предотвратить ранее не обнаруженные НБИ.

В случае успешного обнаружения в СИЕМ таких НБИ формируется поток с управляющими воздействиями на соответствующие подсистемы ЗИ – «L21» с целью предотвращения НБИ, а также поток заявок – «L11» агентам СЗИ от НСД, установленным на все АРМ ИС на их блокировку.

При этом НБИ считаются предотвращенными, их поток – завершенным. В противном случае фиксируется количество осуществленных КР НБИ (КА). Рассчитываются финальные ве-

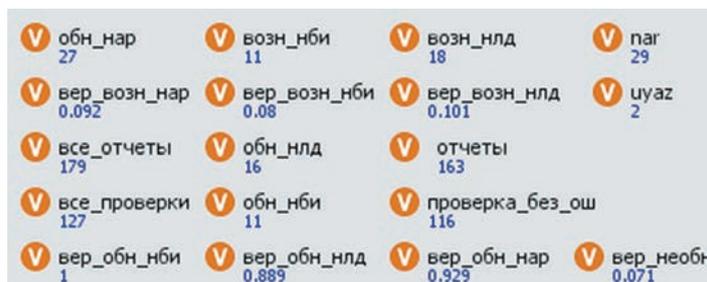


Рис. 7. Форма представления некоторых выходных данных при имитационном моделировании процесса ЗИ объекта КИИ от КР

роятности осуществления КР, обнаружения, предотвращения подсистемами ЗИ НБИ и интегральный показатель – вероятность ЗИ от КР.

СУИБ (СИЕМ) также формирует поток заявок – «L22» на подсистемы СЗИ и поток заявок – «L12» элементы ИС для проведения периодических проверок на наличие (отсутствие) НПВ с целью обнаружения и реагирования на них.

Защищаемая ИС (АС) объекта КИИ в модели представлена совокупностью трех подсистем: АРМ сотрудников, внешних и внутренних серверов, каждая из которых также представляет собой многоканальную СМО без очередей с экспоненциальными временами обслуживания заявок. Для всех элементов ИС генерируется дополнительный поток заявок на возникновение НПВ. Из элементов ИС, где установлены клиентские агенты СЗИ, от НСД на СУИБ посылается поток заявок – «R1 от подсистем ЗИ, «R2» поток заявок с НПВ и «R3» – без НПВ.

Выходными данными в разработанной имитационной модели являются:

- количество органов КР; защищаемых элементов АС (АРМ, внешних и внутренних серверов);
- смоделированное количество систем ЗИ ИС;
- смоделированное количество НСД, НСВ, НПВ, НБИ (КА);
- смоделированные и расчетные вероятности и время обнаружения, идентификации, анализа и вскрытия КР элементов защищаемых ИС;
- смоделированные и расчетные вероятности и время обнаружения и предотвращения НСД, НСВ, НПВ, НБИ, обеспечения ЗИ от КР;
- смоделированное время осуществления КР и функционирования ИС.

Выходные данные, полученные в результате имитационного моделирования процесса ЗИ от КР, представляют в виде формы, показанной на рис. 7. Из него видно, что в результате моделиро-

вания СЗИ ИС объекта КИИ обнаруживает НПВ из-за ошибок пользователей с вероятностью $P_{\text{обн_нлд}} = 0,899$; НПВ из-за технических и программных отказов СЗИ с вероятностью $P_{\text{обн_нар}} = 0,929$; НБИ (КА), реализованные КР, с вероятностью $P_{\text{обн_нби}} = 1$, что говорит о том, что смоделированная СЗИ объекта КИИ при введенных исходных обеспечивает требуемую защиту от КР [3].

В качестве выводов можно отметить, что разработанная имитационная модель процесса ЗИ объектов КИИ от КА в ИС предприятия при помощи системы имитационного моделирования «AnyLogic» обладает новизной и позволяет, с одной стороны, оценивать эффективность процесса существующих систем ЗИ от КА в зависимости от варьируемых исходных данных, а с другой – разрабатывать требования для перспективных СЗИ объектов КИИ.

Полученные в результате проведенного моделирования вероятностно-временные зависимости и характеристики показали их непротиворечивость и адекватность разработанной модели реальным системам ЗИ и могут быть использованы для создания (модернизации) СЗИ от КР, а также для анализа эффективности существующих и синтеза новых систем ЗИ объектов КИИ предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон № 187-ФЗ от 1 января 2018 г. «О безопасности критической информационной инфраструктуры РФ».
2. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок. – М.: ИПЦ «Маска», 2017 – 640 с.
3. Ерышов В.Г., Ерышов Н.В. Модель процесса защиты информации от компьютерной разведки в информационных системах организаций. – Высокие технологии и инновации в науке: сб. избр. статей Международ. науч. конф., СПб., июль 2020 г. – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – 306 с. ■

Вероятность возникновения аварийных ситуаций (АС) на современных кораблях с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), несмотря на принимаемые меры по повышению уровня безопасности, остается еще достаточно высокой. Под АС понимается нарушение пределов и/или условий безопасной эксплуатации ЯЭУ, не перешедшее в аварию [1]. Одной из важнейших задач по предупреждению АС и борьбе за живучесть технических средств корабельной ЯЭУ при возникновении аварии является повышение профессионального уровня операторов пульта управления (ПУ) главной энергетической установки (ГЭУ). Значительное влияние в процесс практической подготовленности операторов и, соответственно, в повышение их надежности (безошибочности) вносит тренажерная подготовка.

Современные тренажеры корабельных ЯЭУ применяются для решения следующих основных задач:

- первичная операторская подготовка курсантов в институте, переподготовка и повышение квалификации офицеров в учебных центрах;
- поддержание уровня профессиональной подготовки операторов в процессе боевой подготовки на соединении;
- проведение практических экзаменов по проверке и оценке уровня обученности операторов ПУ ГЭУ;
- проведение учений по борьбе за живучесть технических средств корабельной ЯЭУ;
- обучение преподавателей (инструкторов) института и учебного центра;
- моделирование различных реальных аварий и аварийных ситуаций ГЭУ на ПЛА и их анализ.

На начальном этапе освоения тренажеров, в частности при проведении учений по борьбе за живучесть технических средств корабельной ЯЭУ, обучающимся, имеющим небольшой опыт в управлении установкой, хорошим помощником могут служить системы информационной поддержки (СИП).

Стоит отметить, что в современных СИП тренажеров подготовки операторов корабельных ЯЭУ информация о состоянии установки представляется на основе детерминистического подхода. В данных СИП реализуется стратегия информационной поддержки, ориентированная на событие, связанное с возникновением АС, срывом режима функционирования установки при достижении отдельных технологических параметров, и срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации.

Рекомендации обучающимся формируются на основе РБИТС, инструкций по эксплуатации ГЭУ и т.п., что автоматически ограничивает количество анализируемых ситуаций и не позволяет учесть все возможные варианты развития аварии.

Аварийные процессы, как правило, являются стохастическими (отказ техники, ошибка личного состава и т. д.), что требует применения вероятностного подхода к анализу исходной информации АС и моделированию различных вариантов их развития.

Для СИП тренажера повышение эффективности деятельности обучающихся и тем самым повышение надежности (безошибочности) их решений возможно путем внедрения моделей «полного множества» АС установки, разрабатываемых в ходе логико-вероятностного моделирования аварийных последовательностей при выполнении вероятностного анализа безопасности (ВАБ) и/или технического обоснования безопасности (ТОБ) корабельных ЯЭУ.

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ТРЕНАЖЕРОВ ПО ПОДГОТОВКЕ ОПЕРАТОРОВ КОРАБЕЛЬНЫХ ЯЭУ НА ОСНОВЕ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ И ДРАКОН-СХЕМ

*Г.А. Ершов, д-р техн. наук, проф., начальник отдела АО «ИК «АСЭ»,
А.Б. Серебряков, начальник отдела Департамента МО РФ
по обеспечению госзаказа,
Д.В. Быков, канд. техн. наук, зам. начальника кафедры,
А.В. Белов, канд. техн. наук, начальник кафедры,,
А. А. Горшков, адъюнкт, ВУНЦ ВМФ «ВМА» (ВМПИ),
контакт. тел. +7(921)977 7199, +7(921) 652 4805*

В настоящее время наиболее распространенным методом разработки логико-вероятностных моделей ВАБ и ТОБ корабельных ЯЭУ является метод деревьев отказов/деревьев событий (ДО/ДС). Основы метода были разработаны Х. Уотсоном и Д. Хааслом в конце 50-х – начале 60-х гг. прошлого столетия и с тех пор не претерпели принципиальных изменений. Метод ДО/ДС лежит в основе известных программных средств (ПК) Risk Spectrum, RiskWave, SAPHIRE, Relx, CRISS 5.3 и др. Несмотря на широкое распространение, данный метод обладает рядом существенных недостатков, а ПК, созданные на его основе, имеют ряд ограничений [1].

Вместе с тем в России существует собственная научная школа, созданная такими учеными, как А.М. Бахметьев, Е.С. Вентцель, Б.В. Гнеденко, Г.А.Ершов, А.И.Клемин, А.С. Можаяев, Ю.М. Парфенов, С.А.Петров, А.М. Половко, И.А. Рябинин, С.Я.Травин, И.А.Ушаков, Г.Н. Черкесов, Ю.В. Швыряев, их соратниками и учениками, представителями других научных школ бывшего СССР. В ходе исследований российскими специалистами разработано и внедрено математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности, живучести и безопасности (НЖБ) ЯЭУ и опасных производственных объектов, имеющее ряд существенных преимуществ перед зарубежными аналогами [1]. Одним из таких методов, безусловно, является комбинированный вероятностно-детерминированный аналитико-имитационный метод (КВДМ) профессора Г.А.Ершова. На основе КВДМ разработан и активно применяется в практике моделирования НЖБ сложных организационно-технических систем программный комплекс БАРС, в котором реализованы технологии построения графических моделей НЖБ в виде ДС и схем функциональной целостности (СФЦ) [2].

Для реализации логико-вероятностных моделей «полного множества» АС корабельных ЯЭУ в СИП тренажера предлагается синтезировать две технологии, а именно логико-вероятностные методы построения графических моделей безопасности ДС или СФЦ и технологию ДРАКОН.

Рассмотрим вышеуказанный подход на примере АС, связанной с течью 1-го контура в корабельной ЯЭУ. При возникновении такой АС основными задачами оператора ПУ ГЭУ являются:

- заглушить реактор всеми имеющимися поглотителями;
- обеспечить расхолаживание реактора;
- обеспечить подпитку 1-го контура.

На первом этапе разрабатывается логико-вероятностная модель безопасности корабельной ЯЭУ в виде ДС, на котором отображается логика развития АС. Разработка ДС выполняется путем комбинирования успеха или отказа функций бе-

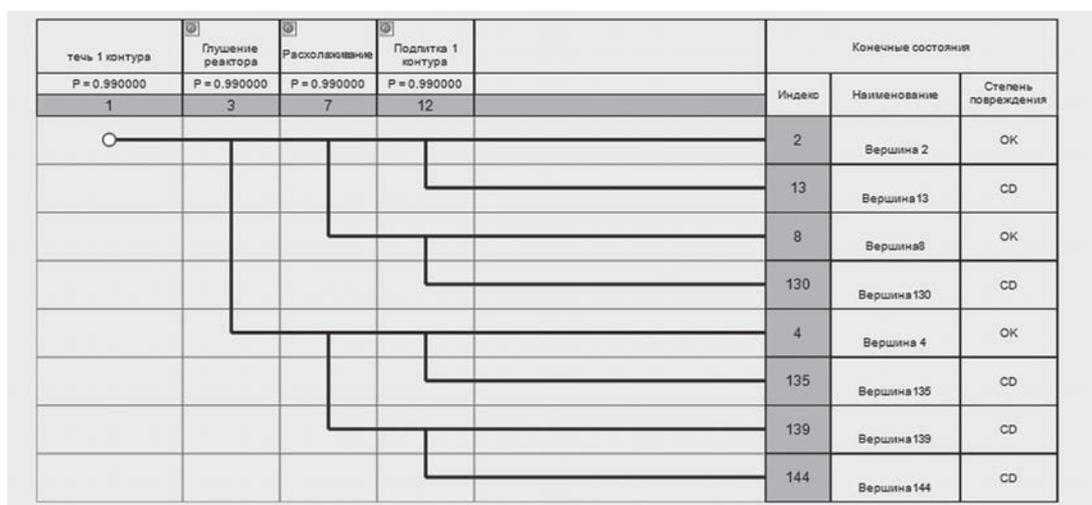


Рис 1. Дерево событий для течи 1-го контура

зопасности или систем в достижении безопасного состояния установки для исходного события (течь 1-го контура).

На рис. 1 представлено ДС для АС в виде течи 1-го контура, выполненное с помощью программного комплекса БАРС.

Как видно из рис. 1, возможны восемь вариантов развития АС при различных сочетаниях успеха или отказа выполнения своих функций систем безопасности корабельной ЯЭУ.

При анализе АС возникает очень важный вопрос: «А как же наиболее вероятно будет протекать аварийный процесс?». Модели ДС дают нам возможность оценить вероятности конечных состояний (КС), т. е. чем выше вероятность реализации КС, тем с большей вероятностью аварийный процесс будет идти по этому пути.

Для примера рассмотренного выше рассчитаем вероятности реализации КС с последующим их ранжированием по величине. При этом для удобства расчетов вероятность реализации всех событий примем $P = 0,99$. Значения вероятностей, представленные в табл. 1, записаны в экспоненциальной форме, что упрощает их анализ.

Таблица 1

Вероятности реализации конечных состояний

Место АС после ранжирования	№ конечного состояния	Вероятность реализации
1	КС-2	9,70E-03
2	КС-13	9,80E-05
3	КС-8	9,80E-05
4	КС-4	9,80E-05
5	КС-130	9,90E-07
6	КС-135	9,90E-07
7	КС-139	9,90E-07
8	КС-144	1,00E-08

Как видно из табл. 1, наибольшую вероятность имеет аварийная ситуация № 1. На современных корабельных ЯЭУ используется высоконадежная техника, в данном случае мы принимали $P = 0,99$ и, конечно же, наиболее вероятно, что при появлении исходного события АС системы безопасности выполняют свои функции, и установка будет переведена

в безопасное состояние. Наименьшую вероятность имеет аварийный сценарий № 8. Действительно, одновременный выход из строя двух и более систем безопасности – довольно редкое событие.

После логико-вероятностного моделирования АС формируется база данных для СИП тренажера, в которой идет накопление информации об аварийном процессе, выполнении или невыполнении своих функций систем безопасности и рекомендаций для действий обучающегося. Пример базы данных СИП тренажера для аварийной ситуации №1 представлен в табл. 2.

На основании базы данных СИП тренажера разрабатывается алгоритм действий оператора ПУ ГЭУ при течах 1-го контура на основе технологии ДРАКОН.

Научная основа СИП сформировалась в процессе развития теоретических основ кибернетики, современной теории управления, теории алгоритмов, развития современных информационных технологий и обобщения накопленных научных знаний, методов и средств в области искусственного интеллекта (ИИ).

В разработке СИП тренажеров принимают участие специалисты разных профессий, это программисты, педагоги, флотские офицеры, имеющие большой операторский опыт эксплуатации корабельной ЯЭУ и досконально знающие «физику процесса», но слабо разбирающиеся в программировании и т.д. Возникает резонный вопрос, а какие же методы и языки моделирования применить для того, чтобы связать все эти различные знания и компетенции специалистов и направить их в «русло» развития СИП тренажеров корабельной ЯЭУ. Обратимся к опыту военно-космической отрасли, где уже десятки лет успешно используется технология ДРАКОН (Дружелюбный русский алгоритмический язык, который обеспечивает наглядность) [3].

Язык ДРАКОН (DRAKON) разработан совместными усилиями Федерального космического агентства России (Научно-производственный центр автоматики и приборостроения им. акад. Н. А. Пилюгина, г. Москва) и Российской академии наук (Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша, Москва).

Таблица 2

База данных СИП тренажера

№ АС	Индекс КС	Вероятность реализации	Краткая характеристика АС	Функции систем безопасности ЯЭУ	Критерий успеха	Возможные причины отказа систем безопасности	Действие оператора	Подсказка СИП
1	2	9,70E-03	Проектная авария	Глушение реактора	УСПЕХ	-	Осуществляет глушение реактора	Заглуши реактор
				Расхолаживание	"	-	Осуществляет расхолаживание	Обеспечь расхолаживание
				Подпитка 1-го контура	"	-	Осуществляет подпитку	Произведи подпитку 1 контура

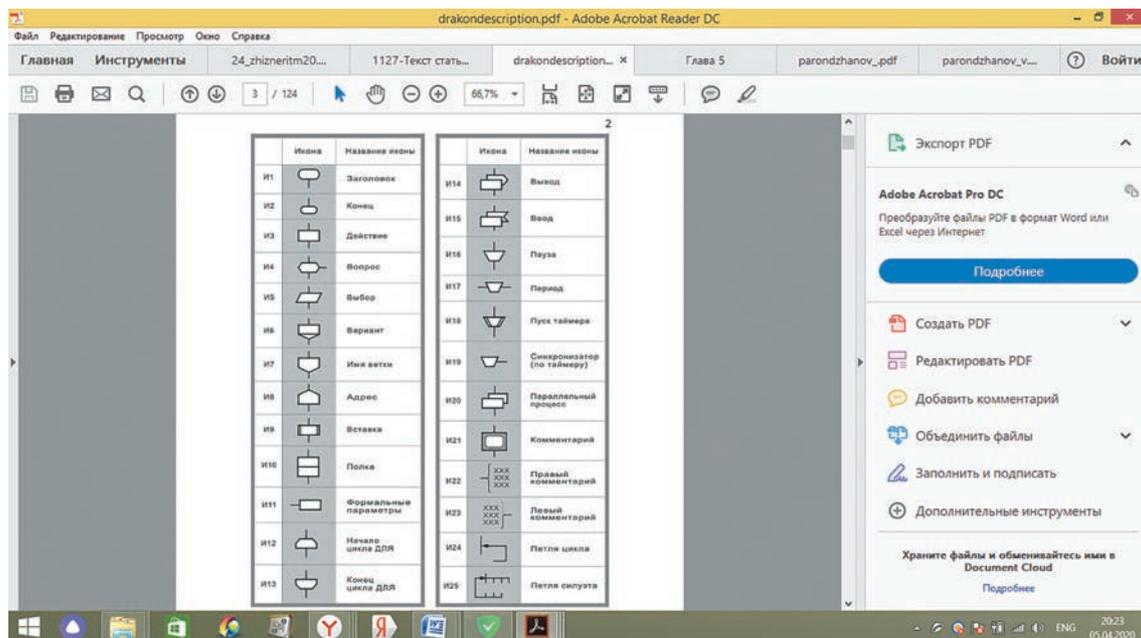


Рис. 2. Иконы языка ДРАКОН [4]

ДРАКОН возник как обобщение опыта работ по созданию легендарного космического корабля «Буря». На базе ДРАКОНа построена автоматизированная технология проектирования алгоритмов и программ под названием «ГРАФИТ-ФЛОКС» [3]. Она успешно используется во многих крупных ракетно-космических проектах: «Ангара», «Фрегат», «Морской старт» и др.

Основу языка ДРАКОН составляют научно-обоснованные методы когнитивно-эргономической формализации профессиональных знаний [4]. Язык ДРАКОН обеспечивает исключительную ясность и беспрецедентную наглядность алгоритмов, уменьшает вероятность появления скрытых алгоритмических ошибок, позволяет формализовать записи, автоматически получать программный код и исполнение его на компьютере.

Графические буквы языка ДРАКОН называются иконами (рис. 2). Он содержит всего 25 графоэлементов (25 иконы). Однако этого количества вполне достаточно, чтобы отобразить в виде наглядного чертежа процедурные профессиональные знания и алгоритмы, относящиеся к любой области деятельности. Подобно тому, как буквы объединяются в сло-

ва, иконы объединяются в составные иконы — макроиконы (рис. 3).

Соединяя иконы и макроиконы по определенным правилам, можно строить разнообразие алгоритмы. Содержание и правила построения алгоритмов подробно содержатся в [3–5], поэтому, не повторяя содержания указанных источников, остановимся на некоторых правилах, применяемых в ДРАКОН-технологиях.

ДРАКОН-схемы имеют сходство с блок-схемами, однако в языке ДРАКОН есть ряд упорядочивающих правил, направленных на облегчение понимания диаграмм. Вот некоторые из этих правил:

- пересечения линий запрещены;
- разрешены только прямые вертикальные и горизонтальные линии;
- течение времени на диаграмме направлено сверху вниз;
- ветвление происходит только вправо;
- разрешен только один вход в цикл.

На рис. 3 представлен графический алфавит языка ДРАКОН.

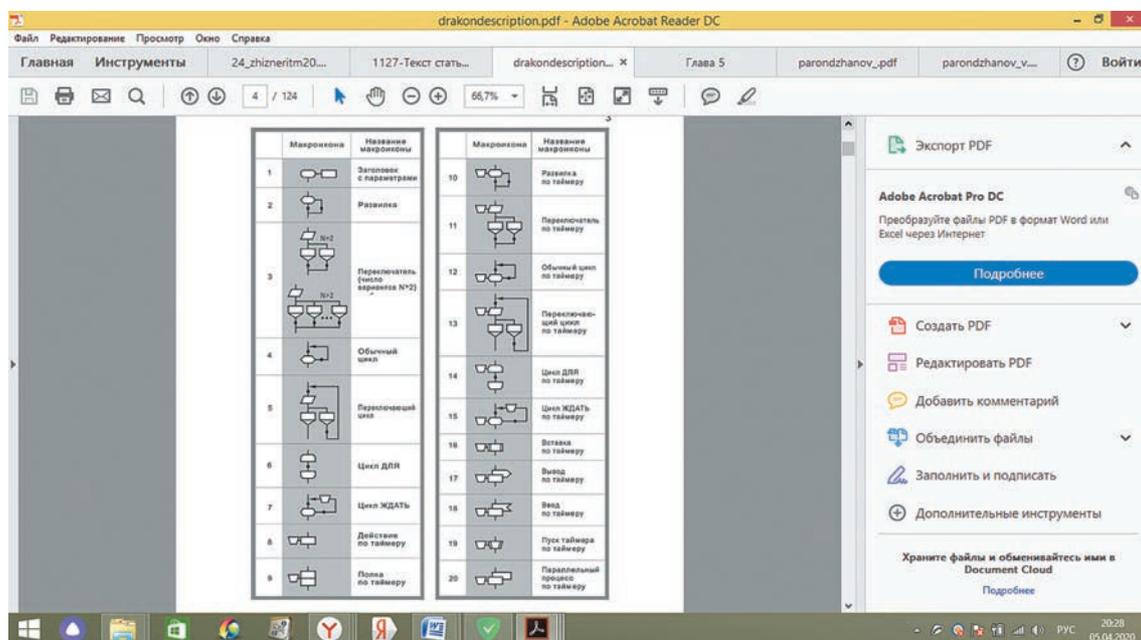


Рис. 3. Макроиконы языка ДРАКОН [4]

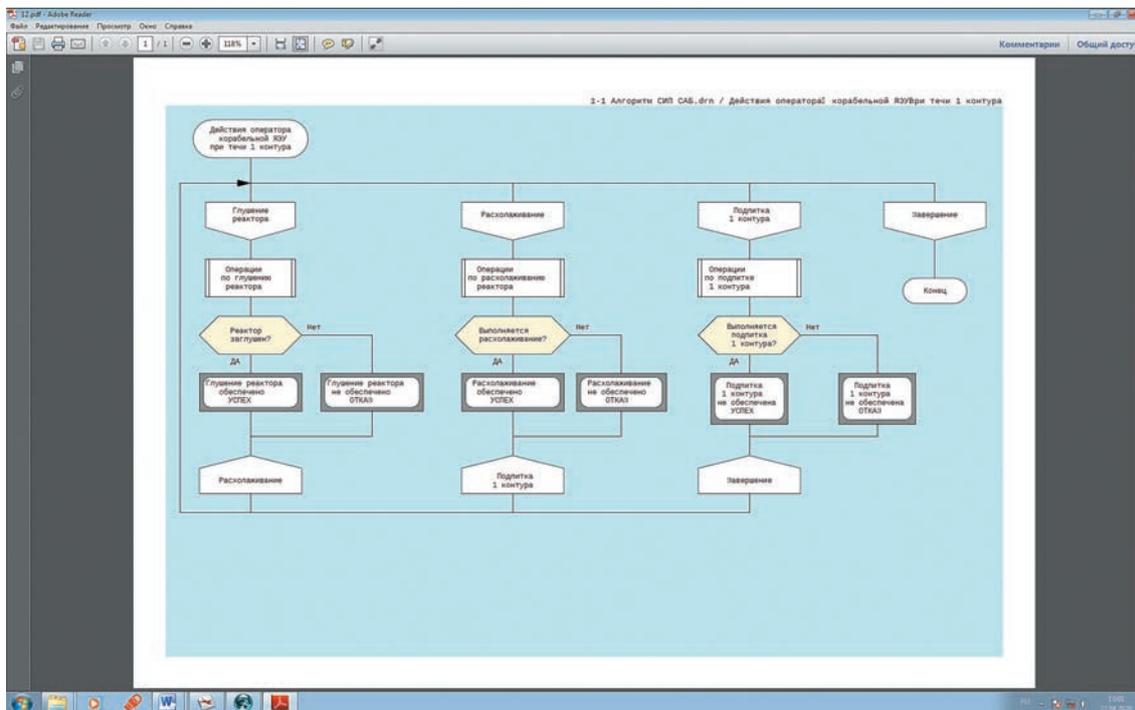


Рис. 4. Алгоритм действий оператора корабельной ЯЭУ при течи 1-го контура

Ниже приведены некоторые определения, относящиеся к ДРАКОН-схемам:

шамтур – вертикальная прямая линия, соединяющая иконы Заголовок и Конец. Между ними на той же линии помещается одна или несколько других икон;

маршрут – это путь, ведущий от начала до конца алгоритма;

главный маршрут алгоритма – путь, который ведет к наибольшему успеху;

побочный маршрут – любой маршрут разветвленного алгоритма за исключением главного;

рокировка – операция, которая видоизменяет внешний облик алгоритма, не меняя его по существу.

Одной из особенностей языка ДРАКОН является тип диаграмм «Силуэт», который разбивает задачу на логические части.

Примитив – это малый алгоритм, который в отличие от силуэта не имеет веток.

Язык ДРАКОН может быть использован при решении множества задач в различных областях [5].

Для применения в СИП тренажера корабельной ЯЭУ можно выделить следующие задачи:

- разработка алгоритмов и программ;
- описание диалога и взаимодействия человека-оператора и машины (пульта управления);
- описание процесса проверки и поиска неисправностей;
- решение задач диагностики в любых предметных областях.

Таким образом, можно отметить, что при разработке СИП тренажеров требуется составление чрезвычайно сложных алгоритмов, на что потребуются огромные усилия и много времени. ДРАКОН-схемы дают возможность изобразить решение любой, сколь угодно сложной процедурной проблемы в предельно ясной, наглядной и доходчивой форме. Это позволяет значительно сократить интеллектуальные усилия специалистов, необходимые для разработки и отладки алгоритмов и программ.

ДРАКОН-схема алгоритма действий оператора ПУ ГЭУ при течах 1-го контура представлена на рис. 4.

Приведем краткую характеристику представленного алгоритма:

1. Алгоритм выполнен в конструкции «Силуэт».

2. В иконе «Заголовок» дано название алгоритма: «Действия оператора корабельной ЯЭУ при течи 1-го контура».

3. Алгоритм разбит на три ветки, каждой присвоено имя, соответствующее функциям систем безопасности корабельной ЯЭУ согласно ДС (см. рис. 1):

- 1-я ветка – глушение реактора;
- 2-я ветка – расхолаживание;
- 3-я ветка – подпитка 1-го контура.

Ветки расположены согласно правилу: чем правее, тем позже, что соответствует правилу построения ДС.

4. В иконах «Вставка» представлены операции, выполняемые оператором в зависимости от развития АС:

- по глушению реактора;
- по расхолаживанию реактора;
- по подпитке 1-го контура.

5. Макроикон «Развилка» характеризуют критерии успеха систем безопасности корабельных ЯЭУ в АС. Критерии обозначаются как «УСПЕХ» и «ОТКАЗ».

Таким образом, было наглядно показано, что модели аварийных ситуаций, разрабатываемые с помощью логико-вероятностных методов, легко преобразуются в ДРАКОН-схему алгоритма действий оператора ПУ ГЭУ в таких ситуациях, что, в свою очередь, позволяет реализовать их в СИП тренажерах обучения операторов корабельной ЯЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов А.В. Повышение эффективности методов вероятностного анализа безопасности корабельных ядерных энергетических установок. – Дисс. ... канд. техн. наук : 05.08.05. – СПб.: Изд. ВМПИ, 2017. - 205 с.
2. Отчет о верификации программного средства БАРС «Безопасность и анализ риска систем» (базовая версия 1.0). – Отчет о науч.-исслед. работах. – СПб.: ОАО «Атомэнергoproект», 230 с.
3. Паронджанов В.Д. Алгоритмы и жизнеритмы на языке ДРАКОН. Разработка алгоритмов. Безошибочные алгоритмы. – М., 2019. – 374 с.
4. Паронджанов В.Д. Язык ДРАКОН: Краткое описание. – М., 2009. – 124 с.
5. Паронджанов В.Д. Как улучшить работу ума. Алгоритмы без программистов – это очень просто! – М.: Дело, 2001. – 360 с. ■

Интенсивное развитие и освоение акваторий, находящихся в зонах научных, экономических и военных интересов нашего государства, обусловило необходимость разработки и размещения систем подводного наблюдения (СПН) различного назначения. Современные разработки ориентированы на создание систем, способных собирать и передавать данные с больших площадей дна морских акваторий о среде, об уровнях ее загрязнения, о результатах военного наблюдения за внешней обстановкой. Инфокоммуникационная организация подобных систем основывается на сетевом принципе. В случае стационарных элементов СПН беспроводные сенсорные сети представляют собой пространственно-распределенный набор постоянно размещенных автономных сенсоров, предназначенных для мониторинга полей различной физической природы и объектов в подводной среде, а также для транспортировки получаемой информации к центрам обработки и управления [1]. Сетевые СПН могут развертываться в заданном районе на постоянной основе для сбора океанологических данных, мониторинга загрязнений, геофизической разведки, сбора информации в целях предотвращения чрезвычайных ситуаций, навигационного обеспечения и тактического наблюдения.

Основными устройствами наблюдения, необходимыми для мониторинга безопасности, океанической среды, экосистем и морских ресурсов, в рассматриваемых системах являются сенсоры различного принципа действия: акустические, электрического и магнитного полей, гидрофизические, сейсмоакустические, биологические пробоотборники, оптические [2]. Типовая структура сенсора, работающего в составе сетевых СПН, приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема подводного сенсора

Для СПН необходимо организовать передачу команд и данных между средами с различными физическими свойствами. Для выполнения данного требования обязательно наличие специальных устройств – шлюзов, которые обеспечивают обмен информацией между сенсорами и центрами управления и обработки информации. Возможны различные подходы к информационно-коммуникационному взаимодействию элементов СПН и соответствующих им схем подключения к шлюзам.

Один из вариантов коммутации элементов СПН основан на комплексировании кабельных и беспроводных (гидроакустических) каналов связи. Для этого необходимо формирование заблаговременно развертываемой кабельной инфраструктуры передачи данных от сенсоров через шлюзы к центрам управления и обработки. Также создается ряд кластеров, каждый из которых определяет наблюдательное поле и объединяет набор пространственно-разнесенных автономных акустических станций. Управление кластерами осуществляется с берегового или из корабельного центра [1].

Типовой состав СПН включает три основных элемента: набор сенсоров, шлюзов (промежуточных потребителей) и центров управления и обработки поступающих данных (конечный потребитель). Пример организации СПН приведен на рис. 2.

АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

В. В. Колюхов, аспирант,

Ю.Л. Сиек, д-р техн. наук, зав. кафедрой, доцент, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, контакт. тел. +7(931) 207 0045, siek@mail.ru



Рис. 2. Пример организации СПН

Одним из перспективных направлений в создании сетевых СПН является разработка непрерывно действующих систем мониторинга сейсмической активности морского дна.

Известно, что донные землетрясения могут вызывать разрушительные волны цунами, а также провоцировать сход подводных лавин и оползней. Возможны и другие негативные явления, нарушающие геоэкологию акваторий.

В последнее время повысилась активность освоения шельфа для нефте- и газодобычи. Осуществляется масштабная прокладка подводных трубопроводов и кабелей связи. Донные землетрясения и связанные с ними явления могут привести к возникновению опасных ситуаций для самих морских сооружений, а также провоцировать экологические проблемы в регионе [3]. Поэтому признается актуальной задачей создание в активных зонах морских сейсмологических сетей, состоящих из автономных донных сейсмографов, как элементов информационно-коммуникационных структур, обеспечивающих оперативную связь с кризисными центрами [4]. Достижения в области современных морских технологий, электроники, вычислительной техники и систем связи позволяют поддерживать автономное функционирование таких сетей в течение длительных периодов. Предполагается, что подобные сети должны развертываться в зонах заметной сейсмической активности, в которых предполагается их активное промышленное освоение.

Отмечается, что сейсмологические сети должны становиться частью сетей экологического мониторинга, которые должны развертываться вокруг каждой буровой или добывающей платформы. Кроме слежения за сейсмической активностью, в том числе и вызванной перераспределением тектонических напряжений при добыче, такие сети могут решать и другие задачи, например, вести доразведку месторождения, оценивать запасы и др. [5].

В работе [6] предлагается технология длительного сейсмологического мониторинга подводного дна морских акваторий для обнаружения разрушительных волн цунами. Для наблюдения за обстановкой предполагается применить системы широкополосных автономных донных сейсмографов, снабженных чувствительными датчиками и датчиками сильных движений, а также ретрансляционными буями для регулярной передачи данных в кризисные центры. Для практической реализации этой технологии в потенциально опасных районах, где возможны сильные землетрясения, требуется установить определенное количество долговременных

автономных донных сейсмографов на расстоянии примерно 100 км друг от друга. Эти станции будут регистрировать в широкой полосе частот сейсмические события непосредственно в зоне ожидаемого землетрясения. В системе предусматривается возможность накапливать фиксируемые данные о сейсмической активности, которая может предшествовать сильному землетрясению. Аккумулированная информация представляет большую ценность для научных исследований сейсмических процессов, которые характерны для наиболее сейсмоактивных районов. Также сведения будут полезны для изучения коры океанического типа и верхней мантии (до глубин 200–300 км), механизмов генерации и распространения микросейсм в океанической среде, томографии океана и др.

Проектирование любой сетевой СПН начинается с планирования размещения элементов системы на дне заданной морской акватории. Каждый датчик имеет свой эффективный радиус действия. При этом следует обязательно определить диапазон глубин, в котором на дне должны быть размещены элементы СПН. Рационально такое их расположение, чтобы заданный полигон полностью перекрывался средствами наблюдения. В статье рассматривается возможный алгоритм решения данной задачи.

АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СПН

Исходными данными для задачи рационального размещения средств наблюдения на дне заданной морской акватории являются батиметрические карты, отображающие подводный рельеф при помощи изобат, обычно дополняемых отметками глубин. Глубины, отобранные для нанесения на карту, должны характеризовать подробность выполненного промера в заданном районе. Картографирование подводного рельефа может выполняться с помощью современных однолучевых и многолучевых эхолотов, многоканальных и лазерных батиметрических систем, радиолокационной и других видов съемки, устанавливаемых на различных носителях. По результатам полученных с их помощью измерений путем интерполяции рассчитываются значения глубин в узлах регулярной сетки. При этом формируется цифровая модель рельефа (ЦМР). На ее основе составляются цифровые батиметрические карты.

Информация, представленная на батиметрической карте подводного дна, позволяет сформировать зоны запрета размещения элементов СПН, которые должны находиться в заданном диапазоне глубин. Примем в качестве формы зон запрета прямоугольники. Такой подход позволяет представить участок дна, на котором планируется размещение элементов СПН, в виде многосвязного ортогонального полигона (МОП), который содержит односвязанные запретные области, также являющиеся ортогональными полигонами [7].

В случае МОП задана прямоугольная область P шириной W и длиной L . На P принимается прямоугольная система координат. Оси Ox и Oy ориентированы по нижней и левой границам области соответственно. На P определено множество

$$Z = \bigcup Z_i,$$

где $Z_i = Z_i(x_i, y_i, l_i, w_i) = \{(x, y) : x_i \leq x \leq x_i + l_i, y_i \leq y \leq y_i + w_i\}$,

которое описывает область запрета в форме прямоугольника, со сторонами, параллельными граням области P .

Нижний левый угол Z_i имеет координаты (x_i, y_i) . Ширина и длина i -го прямоугольника обозначены как w_i и l_i соответственно. Область наблюдения каждого датчика представляется окружностью заданного радиуса r , в которую вписан квадрат со стороной $r\sqrt{2}$. На рис. 3 изображен пример МОП, содержащий прямоугольные запретные области из множества Z .

Требуется покрыть области P наименьшим числом кругов радиуса r . Центры кругов должны лежать в области $P \setminus Z$. Известно, что данная задача является NP -трудной. Задачи покрытия известной области объектами различной геометрической формы составляют широкий класс в исследовании

операций. Возможны различные подходы к их решению. Если размерность задачи покрытия небольшая, то можно использовать точные алгоритмы. При больших размерностях точные методы требуют значительных временных затрат и не дают хороших результатов. В таких случаях одним из эффективных подходов является использование эвристических методов [8]. На их основе разработаны такие алгоритмы решения задач покрытия, как «первый подходящий», вероятностный, экстремальный, муравьиный и генетический.

Учитывая особенности структуры СПН (наличие сенсоров и шлюзов), для рационального размещения элементов системы необходимо решение задач в следующей последовательности:

1. Декомпозиция многосвязного ортогонального полигона на множество прямоугольных областей минимальной мощности.
2. Регулярное покрытие прямоугольной области квадратами, центры которых являются координатами сенсоров СПН.
3. Представление области P множеством точек на основе процедуры дискретизации.
4. Покрытие дискретной области P кругами заданного радиуса.
5. Минимизация числа используемых кругов покрытия.
6. Размещение шлюзов, как элементов СПН, на основе решения задачи кластеризации.

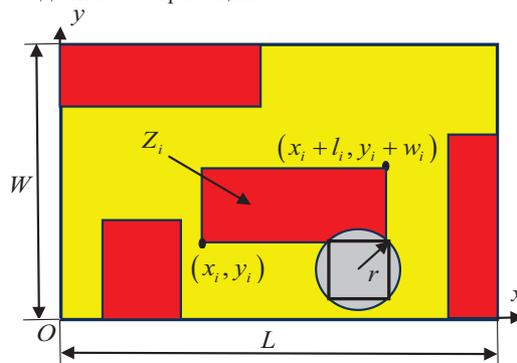


Рис. 3. Пример МОП

Под декомпозицией исходной области МОП понимают покрытие области $P \setminus \bigcup Z_i$ прямоугольниками. За минимизируемый критерий эффективности чаще всего принимается суммарная протяженность стыков элементов декомпозиции.

Разбиение многосвязного ортогонального полигона на прямоугольные области называют задачей декомпозиции МОП. В работе [9] для ее решения предложен метод матричной декомпозиции. Алгоритмы, разработанные на основе данного метода, продемонстрировали высокую эффективность при решении задач геометрического покрытия.

Суть метода матричной декомпозиции в представлении области P в бинарной матрицей. Для этого через все грани зон запрета прямоугольной формы проводятся сквозные линии. В результате вся область P оказывается покрытой сетью, элементами которой являются прямоугольники. Каждая ячейка сети либо не является зоной запрета (значение «0» в бинарной матрице), либо представляет зону запрета или ее часть (значение «1» в бинарной матрице). Такой подход к формированию матрицы гарантирует отсутствие ячеек, в которых одновременно были бы и зона запрета (ее часть), и пустое место.

Решение задачи декомпозиции начинается с выбора начальной пустой ячейки (например, левый нижний элемент матрицы). Далее выполняется слияние смежных пустых ячеек в прямоугольную область. Возможные направления слияния: горизонтальное, вертикальное, диагональное (чередование горизонтального и вертикального), случайный выбор направления (равновероятностное; пользовательское – вероятности выбора направлений задаются «вручную»; пропорциональное – вероятность выбора направлений зависит от соотношения длины и ширины области). Слияние выполняется до тех пор,

пока при перемещении в выбранном направлении встретится ячейка, значением которой является «1» в бинарной матрице). Далее начинается формирование новой последовательности из пустых ячеек. Повторяются все отмеченные действия. Процедура продолжается до тех пор, пока все пустые ячейки не будут отнесены к какой-либо прямоугольной области. В результате исходный МОП (область P) будет разбит на прямоугольные области, в которые далее необходимо разместить требуемые геометрические объекты. Для решения данной задачи рационально заменить круги наблюдения соответствующими квадратами (см. рис. 3).

Результатом декомпозиции МОП является множество прямоугольников $B = \bigcup B_j$,

$$\text{где } B_j = \{(x, y) : x_j \leq x \leq x_j + l_j, y_j \leq y \leq y_j + w_j\}$$

при условии $Z \cap B = \emptyset$ и $Z \cup B = P$.

Для каждого прямоугольника B_j решается задача регулярного покрытия прямоугольной области квадратами со стороной $r\sqrt{2}$, середины которых являются центрами окружностей радиуса r (см. рис. 3). Принципы размещения фигур иллюстрирует рис. 4. Формирование покрытия области P начинается с крайнего нижнего угла прямоугольника B_j .

Составляется горизонтальная полоса из квадратов максимальной длины, не выходящей за правую границу прямоугольника. Также формируется набор из полос максимальной высоты, не выходящий за верхнюю границу. Оставшиеся верхнюю и боковую пустые прямоугольные области заполняют квадратами до полного покрытия прямоугольника B_j . Результатом является множество $C^j = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ кругов радиуса r , которые полностью покрывают каждую область B_j при соблюдении ряда дополнительных ограничений на взаимное положение кругов и на их положение относительно границы прямоугольника B_j , т.е. $B_j \subset \bigcup C_k$.

Минимизация числа используемых кругов $C = \bigcup C^j$ покрытия выполняется на основе представления МОП множеством точек, принадлежащих области P . Для этого требуется выполнения дискретизации задачи [10].

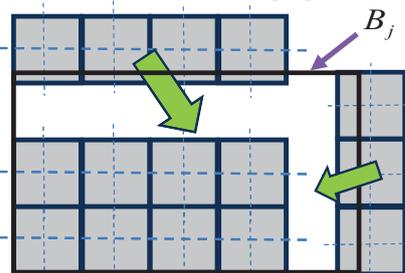


Рис. 4. Покрытие прямоугольной области квадратами

Рабочая область P представляется в виде сетки $S = \{s_k\}$ с шагом разбиения Δ . Сетка формируется следующим образом:

- элементами сетки s_k являются точки в рассматриваемой области;
- для каждого элемента на расстоянии Δ находится как минимум один элемент s_k ; в случае, если таких элементов несколько, расстояние между ними может быть равно или 2Δ или $\sqrt{2}\Delta$ соответственно; на евклидовой плоскости это соответствует некой структуре, состоящей из квадратов, вершинами которых являются элементы сетки S ;
- не существует такой точки в области P , в Δ -окрестности которой (на расстоянии, не превышающем Δ) не находился бы хотя бы один из элементов сетки S .

Одним из возможных алгоритмов для первого шага минимизации является алгоритм «первый подходящий» (FirstFit). Его применение не гарантирует получения хорошего результата, однако отмечается, это дает возможность построения хорошего начального приближения [11]. Процедура предполагает для каждой точки s_k сетки S выбор первого из кругов множества C , который содержит данную точку. Обход выполняется сле-

ва направо, сверху вниз. В результате формируется множество кругов $\bar{C} \subset C$. Для корректировки \bar{C} возможен поиск такого множества кругов $\hat{C} \subset \bar{C}$, каждый из которых содержит хотя бы одну точку s_k , не принадлежащую остальным элементам \bar{C} .

Для определения местоположения шлюзов решается задача кластеризации [12]. Требуется определить координаты центров кластеров и принадлежность каждого датчика соответствующему кластеру. Исходными данными являются количество кластеров, которое определяется максимальным количеством датчиков, подключаемых к шлюзу, и координаты центров кругов, принадлежащих множеству \hat{C} . Решается задача оптимального разбиения \hat{C} на подмножества. При этом оптимальность может быть определена как требование минимизации средне-квадратической ошибки разбиения с учетом требований, принадлежности центров кластеров множеству $P \setminus Z$. Данная задача решается методами условной оптимизации [13].

В результате определяется местоположение в области P всех сетевых шлюзов, как элементов СПН.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СПН

Рассмотрим размещение элементов СПН на полигоне, заданным цифровой моделью рельефа (ЦМР) дна морской акватории. Реализуется искусственная генерация ЦМР на основе алгоритма формирования карты высот. Используется равномерная квадратная сетка размером 290×610 с квадратными ячейками.

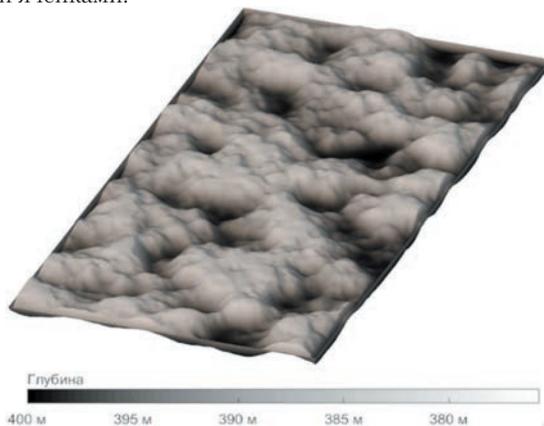


Рис. 5. ЦМР дна морской акватории

Контуры элементов ЦМР определяются с помощью фрактальных линий, а высоты в точках получаются в результате вычисления различных функций, зависящих от удаленности точек от контурных линий [14].

Современные цифровые батиметрические карты разрабатываются на основе ЦМР. Для этого используется регулярная сетка глубин. Для ЦМР, представленной на рис. 5, построена цифровая батиметрическая карта. Задан диапазон глубин, в котором должны быть размещены элементы СПН – сенсоры и шлюзы. По результатам обработки батиметрической карты определены запретные зоны прямоугольной формы. В них не допускается размещение элементов СПН. Батиметрическая карта с запретными зонами приведена на рис. 6. Следует отметить, что для понижения сложности декомпозиции полигона исключены запретные зоны небольшой площади.

На рис. 7 продемонстрировано изменение мощности покрытий в результате решения следующих задач:

- декомпозиции МОП и регулярного покрытия прямоугольников кругами (покрытие C);
- применения алгоритма «первый подходящий» (покрытие \bar{C});
- корректировка покрытия \bar{C} (покрытие \hat{C}).

Из результатов, представленных на рис. 7, следует, что минимизация количества используемых кругов покрытия позволила значительно сократить их число.

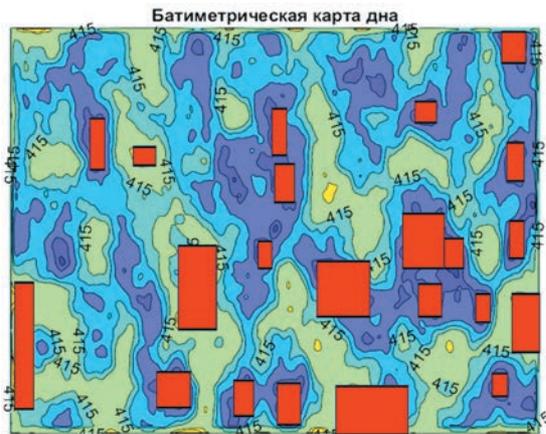


Рис. 6. Батиметрическая карта с зонами запрета

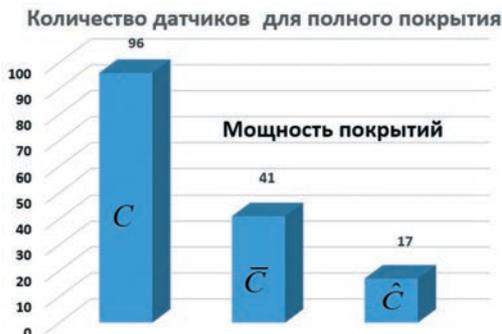


Рис. 7. Мощности покрытий полигона кругами

Результаты полного покрытия полигона кругами иллюстрирует рис. 8. Анализ показывает, что каждая область содержит фрагменты полигона, которые не покрываются другими кругами. Для определения местоположения шлюзов решена задача кластеризации. На рис. 9 продемонстрирован результат решения задачи размещения элементов СПН для рассматриваемого примера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен алгоритм размещения сенсоров и сетевых шлюзов системы подводного наблюдения на дне заданной морской акватории.

Одна из основных задач СПН – создание непрерывно действующих систем мониторинга экологической безопасности морской среды. Их важной составной частью являются системы контроля сейсмической опасности. Информационно-коммуникационное взаимодействие в таких системах организуется на принципах беспроводной сенсорной сети. Ее основные элементы – сенсоры, шлюзы (промежуточные потребители) и береговой центр (конечный потребитель). При проектировании сети требуется определить местоположения всех элементов СПН. Исходными данными для решения этой задачи являются: цифровая модель рельефа дна морской акватории, батиметрическая карта и параметры элементов СПН – дальность действия датчиков и количество подключаемых к шлюзу узлов. Алгоритм размещения элементов сети основан на решении задачи геометрического покрытия формируемого многосвязного ортогонального полигона. Возможность большого количества сенсоров делает рациональным использование эвристических подходов. Эффективна для декомпозиции полигона с зонами запрета матричная технология. Использование результатов дискретизации позволяет сократить количество сенсоров в сети, обеспечивающих полное покрытие. Кластеризация сенсоров на основе алгоритма k -средних обеспечивает определение местоположения промежуточных потребителей (шлюзов).

Предложенный алгоритм позволяет успешно решать задачи позиционирования сетевых систем подводного наблюдения различного назначения.

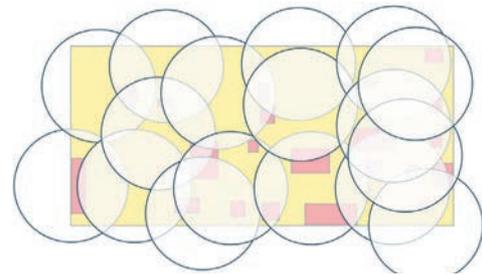


Рис. 8. Результат покрытия полигона кругами

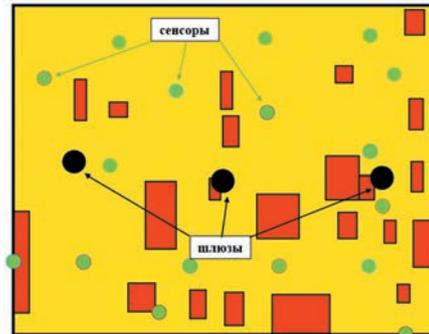


Рис. 9. Расположение элементов СПН

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко В.В., Корчак В.Ю., Хилько А.И., Чулков В.Л. Требования к сетевым системам подводного наблюдения // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2014. – Т. 7. – № 2. – С. 22–26.
2. Коваленко В.В. О морских информационных сетевых системах в Арктике // *Арктика: экология и экономика*. – 2013. – № 1(9). – С. 92–99.
3. Левченко Д.Г., Леонов А.В., Новиков А.А., Карулин О.В. Длительный геоэкологический мониторинг океана: методы и технические средства. – В сб. 2-й Всерос. науч.-техн. конфер. «Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана». – Новосибирск, 2012, с. 255–262.
4. Левченко Д.Г., Кузин И.П., Лобковский Л.И., Рогинский К.А. Проблемы и перспективы создания глобальной сейсмологической сети суша–океан // *Океанология*. – 2016. – №5. – С.814 – 826.
5. Левченко Д.Г., Лобковский Л.И., Егоров И.В., Ильинский Д.А., Рогинский К.А. Особенности регистрации широкополосных сейсмических сигналов на океаническом дне // *Системы контроля окружающей среды*. – 2016. – Вып. 6(26). – С. 23–31.
6. Левченко Д.Г., Леденев В.В., Ильин И.А. Парамонов сейсмологический мониторинг морского дна с использованием автономных донных станций // *Сейсмические приборы*. – 2009. – Т. 45. – №1. – С. 5–22.
7. Григорчук Т.И., Валиахметова Ю.И., Васильева Л.И. Алгоритмы решения задачи декомпозиции многосвязного ортогонального полигона // *Вестник молодого ученого УГНТУ*. – 2016. – №1. – С. 132–136.
8. Филитова А.С. и др. Использование эвристик для поддержки принятия решений при размещении геометрических объектов в многосвязный ортогональный полигон // *Труд. VII Всерос. науч. конфер. «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений»*. Уфа–Ставрополь–Ханты-Мансийск, 2019, 28–30 мая, т. 1, с. 131–142.
9. Хасанова Э.И., Валеев Р.С. Матричный способ декомпозиции многосвязного полигона на множество прямоугольных областей минимальной мощности // *Вестник УГАТУ*. – 2010. – Т. 14. – № 2 (37). – С. 183–187.
10. Кочкаров А.А., Якуин Д.В. Алгоритм поиска оптимального расположения сенсоров для решения задачи мониторинга пространства // *Программные продукты и системы / Software & Systems*. – 2016. – №3 (115). – С. 1–8.
11. Забелин С. Л., Фроловский В.Д. Разработка и исследование моделей, методов и алгоритмов для синтеза и анализа решений задач геометрического покрытия // *Вестник СибГУТИ*. – 2013. – №2. – С. 42–53.
12. Кокорева Я.В., Макаров А. А. Поэтапный процесс кластерного анализа данных на основе алгоритма кластеризации k -means // *Молодой ученый*. – 2015. – № 13 (93). – С. 126–128.
13. Гилл Ф., Моррей У., Райт М. Практическая оптимизация. Пер. с англ. М.: Мир, 1985. – 509 с.
14. Камаев А.Н., Сухенко В.А., Карманов Д.А. Генерация процедурной модели морского дна для тестирования и отладки систем технического зрения АНПА. – Тр. 26-ой Международ. конфер. (GraPhiCon2016), Россия, Нижний Новгород, 19–23 сентября 2016 г., с. 64–68. ■

Руководства по борьбе за живучесть относят возникновение неконтролируемого горения к наиболее опасной чрезвычайной ситуации из числа возникающих в условиях судна. Поступление забортной воды, разрывы паропроводов, нарушение устойчивости и другие аварийные ситуации имеют меньший критерий ущерба и потенциал безвозвратной потери судна, нежели возникновение пожара.

В международной страховой статистике существуют определения стоимости протекания той или иной чрезвычайной ситуации. Так, средняя стоимость 1 минуты пожара в машинном отделении судна составляет 400 тыс. долл., в остальных помещениях судна – 120–290 тыс. долл. Поэтому вопросам пожарной безопасности в современном судостроении уделяется первостепенное внимание.

АО «МОРСКИЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ» выполняет «под ключ» работы по проектированию и разработке многоплановых проектов по оснащению судов, нефтепромысловых платформ, береговых объектов современным интеллектуальным оборудованием и предоставляет сервисные услуги на полный гарантийный и жизненный цикл изделий. Вся поставляемая продукция имеет соответствующие сертификаты и отвечает самым строгим требованиям, предъявляемым условиями производства и окружающей среды.

На основе анализа мирового опыта эксплуатации, технических характеристик, параметров надежности и эффективности АО «МНС» вот уже более 20 лет отдает предпочтение в своих проектах оборудованию пожарогазовой сигнализации Autronica Fire and Security AS. Стратегия и основная идея которой кратко и емко выражена в лозунге компании: «Защищая жизнь, среду и собственность».

Autronica Fire and Security AS основана в 1957 г. как проектное бюро по разработке устройств автоматического контроля за возгораниями на судах рыболовецкого флота Норвегии. И уже спустя два года в коммерческий оборот была выпущена первая транзисторная станция обнаружения пожара BS-1 (рис. 1).



Рис. 1. Транзисторная станция обнаружения пожара BS-1

В 1970 г. Autronica выпускает первый слаботочный оптический пожарный извещатель ВJ-1 для оборудуемых платформ месторождения «Ecofisk» в норвежском секторе Северного моря. В 1979 г. компания представляет первую в мире аналоговую адресную систему обнаружения пожара BS-3, чем привлекает внимание основных экономических игроков в Норвегии того времени и обретает заслуженную известность в мире. На фоне бурно развивающейся судостроительной отрасли в 1989 г. компания представляет на рынок легендарную адресную станцию обнаружения пожара BS100 с извещателями, впервые оборудованными алгоритмом фильтрации ложных срабатываний DEFY®. Исключительная надежность этих станций наглядно демонстрируется успешной эксплуатацией на рыболовецких судах, строившихся в Норвегии по заказу Минрыбпрома СССР,

ВОПРОСАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – ПЕРВОСТЕПЕННОЕ ВНИМАНИЕ

*В.С. Кожевников, коммерческий директор,
А.В. Лоскутов, руководитель направления, АО «МНС»,
контакт. тел. (812) 320 3840*



Рис. 2. Плавающая регазификационная установка «Маршал Василевский». Судно оборудовано системой пожарогазовой безопасности AutoSafe

и по настоящее время. Наконец, в 1999 г. компания выпускает первую интерактивную цифровую систему обнаружения пожара и газа AutoSafe. Пожарные извещатели получают уникальную системную функцию самодиагностики SelfVerify®. В 2004 г. система AutoSafe получает сертификат соответствия требованиям безопасности по нормам МЭК 61508 SIL2.

Накопленный опыт разработки, производства и сервисного сопровождения оборудования, а также международное признание надежности, качества и технологий выводит компанию Autronica Fire and Security на лидирующие позиции в области пожарогазовой безопасности. Подтверждением сказанного являются свидетельства и сертификаты ключевых мировых классификационных сообществ и объединений, в том числе РМРС, РРР, МЧС и Ростехнадзора России, соответствие продукции ТР ТС, ГОСТ-Р и др.

Autronica Fire and Security предлагает широкий ассортимент разнообразных устройств и интерфейсов для подключения сопутствующих систем пожарной безопасности, таких как системы управления и визуального наблюдения, системы оповещения людей о пожаре, системы аварийного освещения, системы пожаротушения. Любая продукция компании может быть легко адаптирована к использованию в различных областях применения.

Системы обнаружения пожара Autronica Fire and Security широко применяются в нефтегазовой и нефтехимической промышленности. Более 15 тыс. проектов по всему миру на наиболее опасных и значимых объектах крупнейших нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих корпораций реализовано Autronica Fire and Security и ее глобальной развернутой дистрибуторской сетью. BP, Statoil, Exxon, Total, Газпром, «Новатек», «Лукойл», Росморпорт, «Sakhalin Energy» и многие другие именитые компании доверяют защиту своих дорогостоящих объектов технологиям Autronica Fire and Security.

Системы компании Autronica Fire and Security установлены на знаковых объектах России, таких как Кремлевский дворец, Государственный Русский музей, Инженерный замок, Исторический музей в Москве и телецентр «Останкино», спортивный комплекс «Лужники», гостиницы «Европа», «Астория», «Москва» и «Смолянская», Московский городской и Индустриальный банки и других (рис. 2).

Оборудование фирмы Autronica Fire and Security пользуется огромным спросом в кораблестроении, 45% мирового

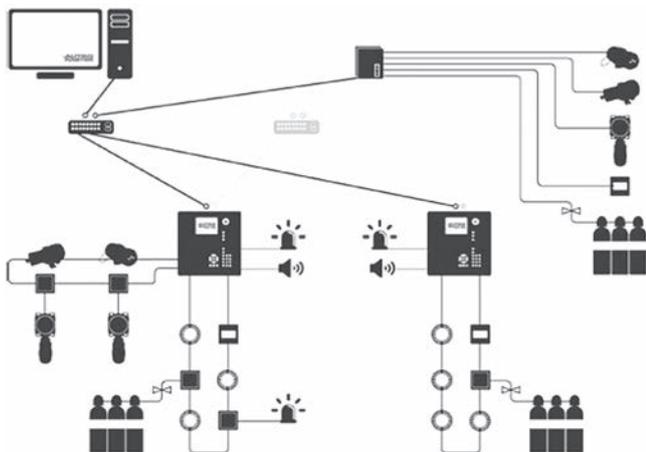


Рис. 3. Примерная схема построения системы обнаружения пожара и газа AutoSafe 4 IFG



Рис. 4. Основные компоненты системы пожарной сигнализации AutoPrime

девейта круизных теплоходов всех классов оборудованы системами пожарной сигнализации компании Autronica Fire and Security.

В зависимости от целей и масштабов защищаемых зон и объекта в целом, компания Autronica Fire and Security предлагает индивидуализированные системы пожарной сигнализации и обнаружения утечек газа:

- AutoSafe 4 IFG – интегрированная сетевая адресная система обнаружения пожара и газа для нефтегазовой промышленности с возможностью поддержания широкого спектра сторонних устройств детектирования (рис. 3);
- AutoSafe 4 – масштабируемая система с расширенным функционалом для средних и крупных судов, разработанная в соответствии с самыми высокими мировыми стандартами, нормативами и требованиями;
- Autoprime – решение Autronica для небольших и средних судов с максимальной простотой использования и функционалом, намного превышающим ожидания от экономичных систем пожарной сигнализации (рис. 4);
- OGS 3.11 – система обнаружения газа методом отбора проб воздуха, способная идентифицировать до трех различных газов из 48 точек отбора проб (рис. 6);
- OGS 3.1 – система обнаружения газа для мест, в которых необходим непрерывный газоанализ (картеры двигателей, работающих на СПГ; насосные и т.д.) (рис. 5).

Для применения оборудования Autronica на очень крупных объектах целесообразно использование Автоматизированного рабочего места AutoMaster5000, AutoMaster V или AutoMaster ISEMS (рис. 7) – интегрированные системы дистанционного управления, визуализации и мониторинга пожарной обстановки объекта с графическим отображением извещателей и параметров системы в целом.



Рис. 5. Основные компоненты системы постоянного газоанализа OGS 3.1



Рис. 6. Основные компоненты системы отбора проб газа OGS 3.11



Рис. 7. Примеры построения АРМ оператора AutoMaster

Рассмотрим самую популярную модель – передовую систему обнаружения пожара, управления и контроля за различным технологическим оборудованием AutoSafe 4 (рис. 8). Система имеет уникальные возможности для средних и больших объектов инфраструктуры, обладает широкой функциональностью и возможностью масштабирования под любые задачи и требования, в том числе специальные разработки для нефтегазового комплекса. Оборудование системы предназначено для применения в экстремальных условиях эксплуатации.

Система пожарной сигнализации AutoSafe обладает уникальной запатентованной технологией SelfVerify®. Системная функция самодиагностики SelfVerify® каждые 24 часа выполняет автоматическую калибровку и полную проверку измерительной схемы извещателя, компенсацию загрязненности оптического датчика, а также канал прохождения сигнала к приемно-контрольному прибору, устройствам сигнализации и модулям ввода/вывода. Таким образом, самотестирование



Рис. 8. Основные компоненты системы AutoSafe 4

SelfVerify® гарантирует, что извещатель способен своевременно инициировать тревогу, имеет правильный уровень чувствительности в соответствии с EN 54 (ч. 5 и 7), на протяжении всего срока службы. Кроме того, каждые две секунды выполняется расширенный анализ импульсного отклика, который проверяет целостность пожарного шлейфа и компоненты детектора.

Применяемые в системе AutoSafe извещатели с технологией динамической цифровой фильтрации DIFY® исключают ложные срабатывания и обеспечивают самое раннее предупреждение о потенциальном пожаре, прежде чем произойдет его развитие. Технология динамической цифровой фильтрации сигнала DIFY+ реализована в каждом извещателе. Данная функция представляет собой три различных алгоритма постоянного анализа данных, накапливаемых в оперативной памяти извещателя, об окружающей температуре, оптической

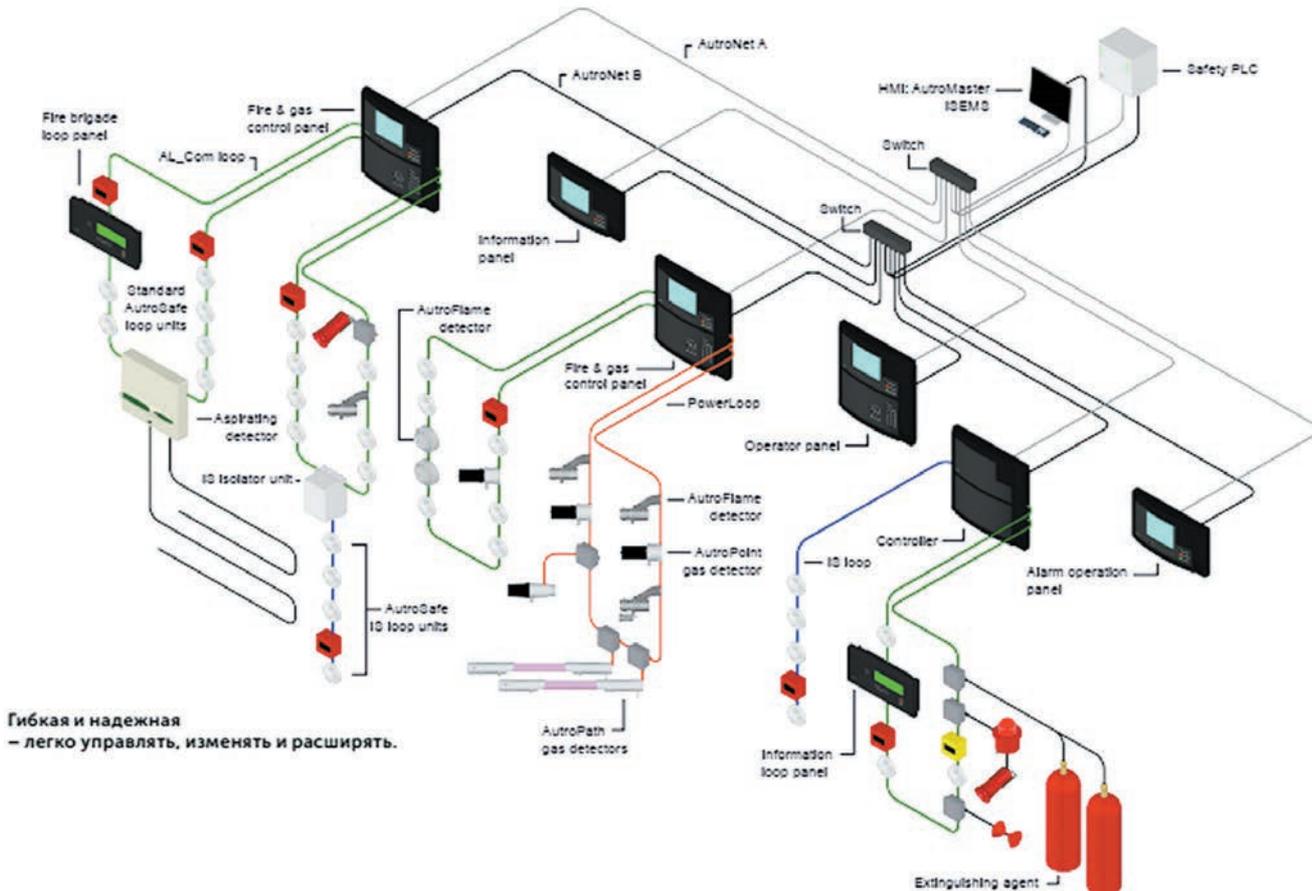
плотности среды, интенсивности компенсационного сигнала и других факторов, обеспечивающих 99,6 % фильтрации от ложных срабатываний:

- фильтр тлеющего пожара обеспечивает точное и быстрое детектирование в случае тлеющего пожара, т.е. в ситуации, когда потенциальный пожар развивается без открытого пламени и в течение длительного времени;
- фильтр кратковременных выбросов имеющих периодическую или постоянную количественную компоненту исключает ложные тревоги, вызываемые явлениями, не относящимися к реальному пожару. Такими явлениями могут быть короткие импульсы, вызванные, например, паром, сигаретным дымом и т.д.;
- фильтр загрязнений поддерживает выбранную чувствительность в течение всей жизни детектора, даже при оседании пыли на чувствительный элемент извещателя.

Основные характеристики системы AutoSafe 4

Количество:

– системных устройств в каждой системе (подключенных к локальной сети, AutoNet).....	До 64
– устройств шлейфа в каждой системе	До 15000
– модулей в каждой панели пожсигнализации / контроллере.....	Не более 12
– детекторных шлейфов в каждой панели пожсигнализации / контроллере	Не более 6
– устройств шлейфа в каждом детекторном шлейфе	До 127
– устройств шлейфа в каждом ответвлении детекторного шлейфа	До 32
– устройств шлейфа в каждом шлейфе Powerloop	До 15
– звонков в базе / шлейфовых сирен в каждом детекторном шлейфе.....	Не более 40
– устройств сопряжения с последовательным интерфейсом, подключенных к шине AutoFieldBus	Не более 31
– портов Ethernet в каждой панели пожсигнализации / контроллере.....	2
– портов USB в каждой панели пожсигнализации / контроллере	2



Гибкая и надежная
– легко управлять, изменять и расширять.

Рис. 9. Пример построения системы пожарогазовой сигнализации AutoSafe IFG с разветвленной сетевой архитектурой

В зависимости от требований к системе AutoSafe 4 ее локальная сеть AutoNet может быть организована по топологиям «кольцо» или «звезда».

На рис. 9 представлена разветвленная сетевая архитектура с наиболее полным функционалом, а также в системной интеграции с КСУ ТС верхнего уровня.

ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ

Для систем AutoSafe 4 компания Autonica Fire and Security предлагает широчайшую линейку пожарных извещателей с функцией самопроверки SelfVerify®:

Каждый тип извещателей имеет на выбор взрывозащищенные, искробезопасные или сверхчувствительные исполнения.

В 2020 г. на рынок выпущена абсолютно новая инновационная линейка мультипараметрических извещателей AutoGuard®, аттестованная на соответствие SIL2. В этой новой серии извещателей воплощены последние инновации в области превентивного детектирования пожара.



Рис. 10. Тепловые пожарные извещатели точечные серии BD или линейные



Рис. 11. Дымовые пожарные извещатели точечные серии BH, аспирационные AutoSense или лучевые FireRay



Рис. 12. Комбинированные пожарные извещатели точечные серии BHH или AutoGuard®



Рис. 13. Ручные пожарные извещатели серии BF



Рис. 14. Извещатели пламени ИК многоспектральные серии AutoFlame или AutoPat

Сверхбыстрый динамический отклик извещателей AutoGuard® обеспечивает надежное обнаружение как быстрых возгораний, так и тлеющих пожаров, анализ обстановки по скорости изменения температуры или по скорости выделения монооксида углерода CO.

Встроенные устройства светозвуковой сигнализации извещают о необходимости начала мгновенной эвакуации людей из зоны возгорания.



Рис. 15. Модули, драйверы и устройства ввода/вывода BN или BS



Рис. 16. Стационарные газосигнализаторы на взрывоопасные (серия AutoPoint) и токсичные (серия AutoTox) газы



Рис. 17. Акустические сигнализаторы утечки (серия AutoSonic)

Три класса чувствительности по оптическому каналу детектирования (EN 54-7) и шесть категорий по тепловому каналу (EN 54-5) задаются индивидуально программно при конфигурировании системы в период пусконаладки.

Для динамической фильтрации ложных факторов пожара, таких как пыль, пар, кухонный и сигаретный смог, аэрозоли или парение сухого льда извещатели AutoGuard® используют усовершенствованный запатентованный алгоритм DYFI3D. Определение истинных факторов возникновения пожара и отсева ложных выполняется с помощью собственных алгоритмов анализа уникальных сигнатур, характерных для каждого типа пожара, что позволяет извещателям AutoGuard® точно различать реальные пожары и источники ложной тревоги.

Описанная выше системная функция самодиагностики SelfVerify® также реализована во всех моделях извещателей серии AutoGuard®.

Опыт эксплуатации систем пожарной сигнализации показывает, что при конфигурировании в период пусконаладки могут быть не учтены локации с постоянным или периодическим возникновением факторов, воспринимаемых средствами детектирования, как отличные от нормальных – резкий сброс тепла или пара на камбузе, вентилирование инсенераторов, курение в запрещенных местах и пр. Персонал, зная о возможности срабатывания извещателей, часто укрывают измерительный тракт, тем самым пытаясь «обмануть» систему пожарной сигнализации. Зачастую имеет место человеческий фактор, когда несанкционированно укрытый тракт оставался заглушенным на долгий период, что может повлечь необнаружение при реальном возгорании. Для исключения подобного в извещателях серии AutoGuard® реализована функция сигнализации о несанкционированном закрытии измерительного тракта. Эту функцию можно отключить программно на время технического обслуживания.

В линейке извещателей серии AutoGuard® имеются детекторы в версии со сверхвысокой чувствительностью. Чувствительность выше, чем указано в EN 54, что идеально подходит для использования в лабораториях, медицинских блоках, электрических установках, шкафах, серверных помещениях и т. д.

Учитывая тот факт, что в настоящий момент в мире используется около 30 тысяч систем пожарной сигнализации AutoSafe, укомплектованных более 7 млн. извещателей предыдущих серий, производитель позаботился, чтобы переход на новые мультипараметрические извещатели AutoGuard® происходил ступенчато, без ощутимых экономических затрат конечным пользователем.

Так, мультипараметрические извещатели AutoGuard® совместимы с интерактивной системой обнаружения пожара AutoSafe версии 4.11 и более поздних версий. AutoGuard® совместим с панелью AutoSafe Loop (BU-110 / BV-110) версии 1.6 и более поздних версий. При этом топология пожарного шлейфа и кабельные линии могут оставаться без изменений. Включение мультипараметрических извещателей AutoGuard® в существующий шлейф пожарной сигнализации при замене естественно убывающих извещателей предыдущих серий проводится в режиме «Plug-and-Play». Обнаружение пожара будет доступно с момента активации пожарного шлейфа. Названия точки применительно к конкретному объекту, равно как и обновление системного ПО AutoSafe до версии 4.11, могут быть внесены в конфигурацию при плановом посещении объекта сервисным инженером дистрибьютора Autronica Fire and Security AS.

В соответствии с политикой Autronica Fire and Security AS в области послепродажной поддержки, любое устройство, снятое с производства, будет доступно в качестве складской позиции для заказа в течение 10 лет. Таким образом, пользователи продукции Autronica Fire and Security AS могут рассчитывать на долгосрочный и экономически необременительный переход на новое поколение извещателей.

Сегодня Autronica Fire and Security – это транснациональная компания с центральным офисом в г.Трондхейм (Норвегия), входящая в состав корпорации UTC (США). В штате компании – более 300 сотрудников, которые занимаются разработкой, производством и продажей оборудования в области пожарной безопасности. Разветвленная дилерская сеть по всему миру насчитывает около 70 представительств в 42 странах мира с общим штатом около 15 000 человек.

Более 15 лет АО «МНС» успешно представляет интересы компании Autronica Fire and Security на нефтегазовом и морском рынке в статусе официального дистрибьютора. Наличие в штате АО «МНС» сертифицированных инженеров-проектировщиков и сервисных специалистов, проходящих постоянное совершенствование в учебных центрах компании, наличие складского запаса и испытательно-демонстрационного стенда позволяют оперативно решать любые возникающие вопросы на территории РФ.

В условиях пандемии Covid19, когда перемещение между странами стало ограниченным, программа глобального обслуживания компании была реорганизована таким образом, чтобы сервисные инженеры ожидали прихода обслуживаемого судна на территории постоянного пребывания. В этот период специалистами АО «МНС» были выполнены регламентные и восстановительные работы на судах, заходивших в порты Высоцк, Усть-Луга, Архангельск, Кавказ, Корсаков из Германии, Нидерландов, Великобритании, Турции, Таиланда, Африки и Южной Америки.

Совершенство воплощенных технологий, опережающих существующие требования в области пожарной безопасности, позволяющие системам AutoSafe и спустя 22 года после первого релиза быть на передовых позициях. С течением времени происходит смена элементной базы, обновляются программные компоненты системы, выстраивается сетевая архитектура на современных протоколах и интерфейсах, появляются новые системы визуализации. Но концепция, воплощенная в системах серии AutoSafe, по-прежнему неизменна, зафиксирована в структуре руководящих документов в области пожарной безопасности, проверена временем и подтверждена несчетным количеством предупрежденных пожаров, а следовательно, защищенных жизней, объектов собственности и окружающей среды.

АО «МНС» предлагает комплексные решения, включающие в себя проектирование судовых систем пожарной сигнализации, поставку оборудования, осуществление пусконаладочных и шеф-монтажных работ сертифицированными специалистами, организацию обучения персонала, а также удаленное консультирование и конфигурация системы в случае добавления или удаления новых извещателей или появления каких-либо неисправностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://autronicafire.com/en/> ■

5 января 2021 г. исполнилось 100 лет аварийно-спасательной службе (АСС) ВМФ. Эта дата определена приказом Министра обороны СССР № 145 от 15.06.1961 г., основанного на декрете Совета Народных Комиссаров (СНК) от 5.01.1921 г. «О сосредоточении всех работ по судоподъему в Наркомате по морским делам и зачислении личного состава, занятого судоподъемными работами, в состав военнослужащих».

Историческая справедливость требует отметить, что оказание помощи поврежденным в боях и при различных авариях кораблям и судам, спасение гибнущих на море людей, проведение судоподъемных, подводно-технических работ (ПТР) имело место с самого начала создания военного флота России в 1696 г. К концу девятнадцатого столетия в России были созданы первые структуры для выполнения аварийно-спасательных работ (АСР). Среди них – водолазные и спасательные партии портов, Кронштадтская водолазная школа, Российское общество спасения на водах и др. 14 июля 1915 г. в состав Балтийского флота было принято построенное на Путиловской верфи Петрограда спасательное судно (СС) подводных лодок (ПЛ) катамаранного типа «Волхов» (с 1923 г. – «Коммуна»), которое до настоящего времени в строю (рис. 1) [1]. За прошедшее столетие многократно менялись название, структура и подчиненность АСС ВМФ, но содержанием всей ее деятельности было, есть и будет спасательное, судоподъемное и водолазное дело, а основой АСС ВМФ являются суда поисково-спасательного назначения.

В развитии АСС ВМФ можно выделить пять этапов:

первый этап – с начала 20-х гг. до 22.06.1941 г. – становление АСС ВМФ и возрастание роли экспедиции подводных работ особого назначения (ЭПРОН);

второй этап – с 22.06.1941 г. до середины 50-х гг. – ЭПРОН-АСС ВМФ во время Великой Отечественной войны и в первое послевоенное десятилетие;

третий этап – с середины 50-х гг. и до начала 90-х гг. – АСС ВМФ в период создания океанского флота;

четвертый этап – с начала 90-х гг. и до начала 2000-х гг. – реформирование ВМФ и сокращение судового состава АСС;

пятый этап – с начала 2000-х гг. и до настоящего времени – восстановление и развитие судового состава АСС ВМФ и дальнейшее развитие службы.

Особенностью *первого этапа* является исключение для ВМФ приоритетной для того времени задачи подъема судов на основании декрета СНК от 29.10.1921 г. «О передаче подъема судов из ведения Народного комиссариата

О РАЗВИТИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ВМФ К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СОЗДАНИЯ

В.Н.Илюхин, д-р техн. наук, проф.,

руководитель секции «Поисково-спасательная техника и технологии» Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. (812) 927 8501



Рис. 1. Спасательное судно «Коммуна». Фрагмент учения УПАСР КЧФ

(НК) по морским делам в ведение НК путей сообщения», которым также были отменены декреты СНК от 5.01.1921 г. и 21.02.1921 г.

Ключевую роль в становлении и развитии АСС ВМФ сыграла созданная 17.12.1923 г. ЭПРОН, руководство которой сумело в 20-е гг. не только собрать разпыленные по всей стране водолазные кадры и специальное оборудование, но и сконцентрировать в своих руках все судоподъемные, АСР и ПТР. Среди успешно выполненных судоподъемных работ – такие, как подъем ПЛ «Пеликан», «Орлан», «Карп», «АГ-16», «Судак», «Лосось», «Рабочий», «Л-55», танкера «Эльбрус», эсминцев «Калиакрия», «Пронзительный», «Стремительный», «Сметливый», «Лейтенант Шестаков», «Керчь», ледоколов «Садко» и «А. Сибиряков», пароходов «Сишан», «Петр Великий» и многих др. [2].

С 18 января 1931 г. на ЭПРОН, наряду с проведением судоподъемных работ, возлагалось также выполнение АСР, водолазно-строительных и ПТР. ЭПРОН фактически была единой государственной военизированной АСС страны, организационно входившей в состав НК водного транспорта, но в оперативном отношении подчинялась НК по военным и морским делам при выполнении АСР в интересах ВМФ.

В 1931 г. был создан Научно-технический совет ЭПРОН, в который наряду со специалистами его Главного управления (ГУ) вошли ведущие уче-

ные в области кораблестроения – академик А.Н. Крылов, члены-корреспонденты АН СССР Ю.А. Шиманский и П.Ф. Папкович, профессор В.Г. Власов и в области физиологии водолазного труда – академик Л.А. Орбели, член-корреспондент АН СССР Е.М. Крепс, а также ряд известных конструкторов судостроительной промышленности. Научно-технический совет рассматривал и утверждал проекты крупных судоподъемных и АСР, конструкции новых СС и других технических средств. Например, с целью повышения эффективности спасения подводников из затонувшей ПЛ в 1938 г. рассматривался вопрос о создании специальной спасательной подводной лодки (СПЛ) путем переоборудования одной из ПЛ типа «Барс». В предвоенные годы этот проект не был реализован. В совершенствовании методов водолазных спусков, в разработке способов самостоятельного выхода подводников из аварийных ПЛ и создании для этих целей дыхательных аппаратов большую роль сыграла созданная в 1931 г. при Техническом управлении НК ВМФ Постоянная комиссия по аварийно-спасательному делу, которую возглавил академик Л.А. Орбели. При его научном руководстве в 1935 г. была достигнута рекордная глубина 115 м, а в 1937 г. глубина 137 м при спуске в вентилируемом снаряжении [1].

Для выполнения всех возложенных на ЭПРОН задач имеющихся судов было недостаточно. Поэтому в Постановлении



Рис. 2. Эвакуация жителей Ленинграда на спасательном судне «Нептун», Ладога, 1941 г.

Совета Труда и Оборона (СТО) СССР от 26.09.1932 г. было предусмотрено укрепление материально-технической базы и судового состава ЭПРОН путем строительства четырех СС [2].

На основе опыта судоподъемных и АСР на различных морских бассейнах Главное управление (ГУ) ЭПРОН выработало основные требования к проектированию универсального СС. Такой проект был разработан, и в 1940 г. ЭПРОН получил два таких СС – «Нептун» (рис. 2) и «Сатурн». Это были суда, полностью оправдавшие свое назначение в предвоенное время и в годы Великой Отечественной войны.

Результаты деятельности ЭПРОН за 1923–1938 гг.:

- спасено 188 кораблей и судов общим водоизмещением 420 тыс. т, из них 33 иностранных судна, причем 8 иностранных судов общим водоизмещением 41 тыс. т остались в СССР;
- поднято с различных глубин морей, озер и рек 299 судов общим водоизмещением 157 тыс. т и 5 орудийных башен с линкоров массой по 4000 т каждая;
- выполнено большое количество работ по очистке морских и речных фарватеров от затонувших судов, а также подводных строительных и ремонтных гидротехнических работ;
- организована регулярная проводка кораблей и судов из Ленинграда по Свири и Беломорско-Балтийскому каналу в Белое море, а также по Мариинской водной системе до Астрахани [2].

Объединение всех учебных заведений водолазного профиля в Военно-морской водолазной техникум позволило значительно улучшить подготовку для ВМФ водолазного состава всех категорий.

В 1937 г. с учетом накопленного опыта было разработано новое Положение об АСС в Морских силах РККА, введенное в действие приказом НК обороны от 11.02.1937 г. В Положении были

уточнены задачи ЭПРОН по аварийно-спасательному обеспечению (АСО) кораблей ВМФ и судов морского и речного флотов, а также порядок подготовки, финансирования и снабжения аварийно-спасательных отрядов. На флотах разрабатывались планы поиска аварийных ПЛ и спасения их личного состава. В ходе боевой подготовки в подразделениях ЭПРОН проводились учения по подъему затонувшей ПЛ с помощью СС «Коммуна» и плавкранов. Следует отметить, что до конца 40-х гг. самостоятельный выход подводников из аварийной ПЛ, лежащей на грунте, путем свободного всплытия считался второстепенным, а выход по буйрепу – основным. В 1938 г. впервые осуществлен выход по буйрепу из ПЛ через торпедный аппарат с глубины 40 м и через боевую рубку с глубины 70 м. К началу Великой Отечественной войны ЭПРОН стал уже достаточно мощной организацией. Он имел 28 СС и спасательных буксиров, в том числе 7 СС специальной постройки, 50 водолазных ботов, несколько плавбаз для судоподъемных работ, барж, килекторов и других специализированных судов, располагал техническими средствами для выполнения судоподъемных и АСР. Все это позволило успешно выполнять задачи, с которыми пришлось столкнуться в ходе войны. В большой мере этому способствовало также и то, что ЭПРОН с момента его создания формировался на основе военной структуры.

Выдающимся организатором аварийно-спасательного и судоподъемного дела в стране, создавшего из ЭПРОН мощную единую организацию, завоевавшую в стране и за рубежом широкую известность и авторитет был начальник ГУ ЭПРОН с 1932 по 1942 г. контр-адмирал Ф.И. Крылов (рис. 3). Уникальные операции по спасанию на Севере судов «Малыгин», «А. Сибириков», подъему «Садко» и многие другие выполнялись непосредственно под его руководством. На втором этапе – с начала войны и до 1942 г. – Ф.И. Крылов в блокадном Ле-

нинграде руководил оперативной группой, выполнявшей спасательные работы на Ладожском озере и обеспечивавшей движение по Дороге жизни. В одной из операций он был назначен начальником Речного аварийно-спасательного управления ВМФ, которым руководил до 1946 г.



Рис. 3. Начальник ЭПРОН контр-адмирал Ф.И. Крылов

В первый же день начавшейся войны с Германией Приказом НК ВМФ СССР и НК Морского флота (МФ) СССР от 22 июня 1941 г. № 0525/22с ЭПРОН был полностью передан в состав ВМФ. Приказом НК ВМФ от 2.06.1942 г. № 0469 ЭПРОН был переименован в Аварийно-спасательную и судоподъемную службу (АССС) ВМФ, а Приказом НК ВМФ от 3.01.1944 г. № 05 АССС ВМФ и флотов (флотилий) переименована в АСС ВМФ, флотов (флотилий) [2].

В годы войны АСС ВМФ был выполнен большой объем судоподъемных, АСР и ПТР. Были оказаны различные виды помощи (снятие с мели, поддержание на плаву, тушение пожаров и др.) более чем 1500 аварийных судам и кораблям (табл. 1), что стало весомым вкладом в поддержание боеспособности кораблей флота и в обеспечение работы морского транспорта [1]. Основными видами АСР на флоте были: снятие с аварийных судов с мели, поддержание на плаву, буксировка в ближайшую базу кораблей, получивших боевые и другие повреждения. Около 60% работ включали заделку повреждений и откачку воды из затопленных помещений. Повреждения кораблей во время войны нередко сопровождались образованием больших пробоин в корпусе с затоплением отсеков, потерей хода, управляемости и плавучести. Заделка пробоин от мин и торпед пластырями из-за их значительных размеров практически была невозможна. К выбросу на мель нередко прибегали командиры кораблей, получивших боевые повреждения, во избежание их гибели. Война показала, что

Оказание помощи аварийным кораблям и судам в годы войны

Флот (флотилия)	1941	1942	1943	1944	1945	Всего
КБФ	$\frac{24}{71\ 214}$	$\frac{126}{70\ 682}$	$\frac{47}{43\ 770}$	$\frac{39}{52\ 130}$	$\frac{61}{115\ 646}$	$\frac{297}{353\ 442}$
ЧФ	$\frac{40}{75\ 502}$	$\frac{91}{207\ 061}$	$\frac{163}{80\ 865}$	$\frac{121}{24\ 275}$	$\frac{27}{54\ 467}$	$\frac{442}{442\ 170}$
СФ	$\frac{29}{32\ 910}$	$\frac{61}{146\ 806}$	$\frac{68}{153\ 064}$	$\frac{60}{66\ 210}$	$\frac{57}{117\ 368}$	$\frac{275}{516\ 358}$
КВФ	$\frac{18}{16\ 643}$	$\frac{29}{17\ 670}$	$\frac{55}{51\ 981}$	$\frac{49}{28\ 250}$	$\frac{51}{68\ 677}$	$\frac{202}{183\ 221}$
ВВФ	-	$\frac{34}{17\ 918}$	$\frac{12}{5972}$	-	-	$\frac{46}{23\ 890}$
ДувФ и дВФ	-	-	-	-	$\frac{20}{8580}$	$\frac{20}{8580}$
ТОФ и АФ	$\frac{9}{28\ 118}$	$\frac{27}{28\ 445}$	$\frac{24}{108\ 285}$	$\frac{56}{128\ 377}$	$\frac{107}{166\ 449}$	$\frac{223}{459\ 674}$
Итого	$\frac{120}{224\ 387}$	$\frac{368}{488\ 582}$	$\frac{369}{443\ 937}$	$\frac{325}{299\ 242}$	$\frac{323}{531\ 187}$	$\frac{1505}{198\ 7335}$

Примечания: 1. В числителе – количество кораблей и судов, в знаменателе – их суммарное водоизмещение.

2. В 50,4% случаев помощь состояла в снятии кораблей и судов с мели.

Таблица 2

Количество кораблей и судов, поднятых АСС ВМФ за годы войны, и их суммарный тоннаж

Флот (флотилия)	1941	1942	1943	1944	1945	Всего
КБФ	$\frac{18}{10\ 471}$	$\frac{147}{79\ 258}$	$\frac{123}{33\ 585}$	$\frac{272}{122\ 539}$	$\frac{53}{8076}$	$\frac{613}{253\ 929}$
ЧФ	$\frac{11}{2185}$	$\frac{20}{33\ 690}$	$\frac{89}{19\ 450}$	$\frac{393}{135\ 778}$	$\frac{100}{36\ 432}$	$\frac{613}{227\ 535}$
СФ	$\frac{1}{250}$	$\frac{29}{10\ 747}$	$\frac{39}{25\ 771}$	$\frac{73}{39\ 420}$	$\frac{31}{9225}$	$\frac{173}{85413}$
КВФ	$\frac{1}{120}$	$\frac{64}{32\ 000}$	$\frac{55}{94\ 000}$	$\frac{5}{15\ 750}$	$\frac{17}{1240}$	$\frac{168}{143\ 110}$
ВВФ	-	$\frac{5}{180}$	$\frac{5}{200}$	-	-	$\frac{10}{380}$
ДВФ	-	-	-	-	$\frac{3}{150}$	$\frac{3}{150}$
ТОФ	-	$\frac{17}{1778}$	$\frac{16}{2710}$	$\frac{26}{1716}$	$\frac{16}{1333}$	$\frac{75}{7537}$
АФ	-	$\frac{6}{551}$	$\frac{8}{1252}$	$\frac{5}{2567}$	$\frac{17}{4820}$	$\frac{36}{9190}$
Итого	$\frac{31}{13\ 026}$	$\frac{288}{158\ 204}$	$\frac{335}{176\ 968}$	$\frac{808}{317\ 770}$	$\frac{229}{61\ 276}$	$\frac{1691}{727\ 244}$

Примечание: В числителе – количество кораблей и судов, в знаменателе – их суммарное водоизмещение.

оказание помощи ПЛ, ведущим боевые действия скрытно, вдали от своих берегов на коммуникациях противника, практически невозможно. Оказывать помощь ПЛ приходилось в редких случаях и, как правило, в пунктах базирования или вблизи них. Поэтому основным способом спасания экипажей ПЛ в ходе боевых действий стал самостоятельный выход подводников на поверхность в спасательном снаряжении, что в ряде случаев удавалось осуществить оставшемуся в живых личному составу («М-94», «С-11», «Щ-323», «М-51»).

Количество кораблей и судов, поднятых АСС ВМФ за годы войны, и их суммарный тоннаж приведены в табл. 2 [1]. Подъем (рис. 4) и восстановление затопленных судов флота, разделка поднятых судов, не подлежащих ремонту, на металлолом, а также восстановление гидротехнических сооружений портов были определены как общегосударственные задачи. Начиная с февраля 1944 г.,

задания по этим работам вносились в народнохозяйственный план страны и утверждались Государственным комитетом обороны (ГКО) СССР. Учитывая срочную необходимость восстановления ВМФ и значительно выросший объем ПТР по восстановлению портов и расчистке акваторий, ГКО СССР 28 октября 1944 г. принимает Постановление № 6808 «О подъеме и восстановлении военных кораблей и мероприятиях по улучшению судоподъемной организации Наркомвоенморфлота». В первые два года войны остро ощущалось отсутствие достаточного числа СС и буксиров из-за их потерь в боевых действиях. Опыт выполнения АСР показал, что технические характеристики большинства судов этих подклассов во многом не удовлетворяли требованиям военного времени. Строительство СС во время войны не велось, а водолазных катеров и ботов осуществлялось с большим трудом. Восполнение СС шло в основном за счет передачи су-



Рис. 4. Подъем лидера «Ташкент», Новороссийск, 1944 г.

дов из гражданских ведомств и их переоборудования в спасательные буксиры, плавбазы и водолазные боты, а с 1944 г. за счет восстановления и переоборудования судов, поднятых в освобожденных от врага портах, а также за счет использования трофейных судов. В результате принятых мер по усилению судового состава к концу войны количество СС и спасательных буксиров в АСС увеличилось с 30 до 44, морских водолазных ботов – с 11 до 28, рейдовых и речных водолазных катеров – с 33 до 133, плавучих баз – с 4 до 14 и плавкранов – с 4 до 11. В завершающий период войны стал актуален вопрос о создании в составе АСС ВМФ научно-исследовательского института для обоснования перспективы развития сил и средств, программы работ по расчистке акваторий портов от затонувших во время войны судов, уточнения места и роли АСС среди других служб и управлений ВМФ.

Циркуляром начальника Главного Морского Штаба ВМФ от 3 января 1945 г. были объявлены штаты НИИ АСС ВМФ, который с 2009 г. стал НИИ спасания и подводных технологий и входит как структурное подразделение в ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия». Одной из первых работ изданного НИИ АСС ВМФ стало издание под редакцией начальника АСС ВМФ инженер-вице-адмирала А.А. Фролова трех томов «Справочной книги по аварийно-спасательному, судоподъемному и водолазному делу», вышедшей уже в сентябре 1945 г. Техническое оснащение судов АСС ВМФ и их количество за первое послевоенное десятилетие существенно не изменилось. В большинстве подразделений АСС несколько увеличилось число рейдовых водолазных ботов, которые регулярно поступали

от промышленности. Из-за недостатка средств строительство новых судов (за исключением катеров) не велось, и первое послевоенное поколение судов АСО создавалось за счет переоборудования и дооборудования других кораблей и судов ВМФ. В то же время строительство ПЛ (1948–1949 гг. – ПЛ пр. 613, 1949–1950 гг. – ПЛ пр. 611) с предельной глубиной погружения, в два раза превысившей глубину погружения ПЛ довоенной постройки, потребовало и соответствующего АСО.

Высокий уровень профессионализма АСС ВМФ показали при оказании помощи ПЛ «М-19», затонувшей в 1948 г. на глубине 26 м в заливе Советская Гавань. Спасатели через 16 часов после аварии сумели поднять ее на поверхность вместе с оставшимися в живых личным составом. Эта спасательная операция относится к числу уникальных. Успешная операция по спасанию экипажа ПЛ «М-351», затонувшей на глубине 83 м, проведена в августе 1957 г. на Черном море. Силы АСС ВМФ прибыли к месту аварии через 4 часа. В течение 85 ч ПЛ была поднята вместе с экипажем.

Для продолжения работ по развитию технологий глубоководных водолазных погружений в 1946–1956 гг. было выполнено дооборудование плавбазы ПЛ «Алтай», гидрографического судна «Зюйд», отечественных (тральщики пр. 254) и трофейных (немецкие тральщики серии М-35, американские тральщики серии АМ) для обеспечения проведения глубоководных водолазных спусков. Таким же путем шло обновление и пополнение судового состава АСС ВМФ спасательными буксирами. Пополнение подразделений АСС водолазными ботами и противопожарными катерами велось за счет реализации новых проектов: рейдового водолазного бота пр. 376рв, морского водолазного бота пр. 522 и противопожарного катера пр. 364. В 1947–1949 гг. на СС «Алтай» была проведена серия водолазных спусков на глубины до 200 м. С борта СС ПЛ «Зангезур» на Каспийском море

в июне–декабре 1956 г. были проведены водолазные спуски на глубины до 305 м.

В первое военное десятилетие АСС ВМФ выполнялось большое число судоподъемных работ, а также ПТР, связанных с восстановлением разрушенных портовых сооружений и других народнохозяйственных объектов. АСС ВМФ были успешно выполнены все правительственные задания по судоподъему. Ежегодно успешно выполнялись и все правительственные задания по гидротехническим работам, которые проводились не только для ВМФ, но и для всех других министерств и ведомств страны. С мая 1945 г. по декабрь 1955 г. было поднято 2700 кораблей и судов, суммарный тоннаж которых составил около 2 млн. т. За усовершенствование методов подъема крупнотоннажных судов (подъем лайнеров «Ганза» в 1949 г. и «Гамбург» в 1950 г.) разработчикам проектов подъема и руководителям этих работ были присуждены Государственные премии СССР. Среди работ, выполненных в 50-е гг., следует отметить сложные и во многом уникальные работы при спасении личного состава линкора «Новороссийск» и его подъеме в 1955–1957 гг. (рис. 5).

Первое послевоенное поколение судов АСС, сложившееся к середине 50-х гг., позволяло в основном решать задачи обеспечения боевых сил флота. Но это справедливо только для работ в прибрежной и ближней морских зон. Для обеспечения боевых кораблей в дальней морской зоне требовались СС нового поколения. Распоряжение Совета Министров (СМ) СССР от 6.01.55 г. за № 74 ускорило обновление и совершенствование судового состава АСС ВМФ.

Приобретенный за годы войны технический потенциал позволил АСС ВМФ не только успешно решать задачи АСО морской и речной деятельности всей страны до 1956 г., но и заложить прочный фундамент в создании и развитии АСС других министерств и ведомств в последующие годы на базе части сил АСС ВМФ согласно Постановлению СМ СССР от 17.03.1956 г. № 362–233.



Рис. 6. Начальник АСС ВМФ инженер-вице-адмирал А.А. Фролов

В наиболее напряженный период деятельности АСС ВМФ с 1942 по 1958 г. бессменное руководство службой осуществлял инженер-вице-адмирал А.А. Фролов (рис. 6). Под его руководством в 1942 г. проведена реорганизация ЭПРОН в АСС ВМФ, ставшей к концу войны еще более мощной организацией, чем предвоенный ЭПРОН, и успешно выполнявшей все задачи в военный и послевоенный период. По словам современников, «как начальник АСС ВМФ инженер-вице-адмирал А.А. Фролов показал себя высокопрофессиональным инженером, прекрасным организатором, волевым и энергичным человеком. Он сумел быстро создать значительно обновленный коллектив управления и мобилизовать его на успешное выполнение все возрастающих задач. А.А. Фролов участвовал в наиболее крупных и сложных судоподъемных работах – подъем лайнеров «Ганза», «Гамбург», линкора «Новороссийск» и др.» [2].

Особенностью *третьего змана* развития судов АСС ВМФ явилось приведение в соответствие сил и средств АСС к новым задачам ВМФ и создание СС нового поколения. В середине 50-х гг. с восстановлением народного хозяйства страны началось создание мощного океанского ракетно-ядерного флота, основой которого стали атомные ПЛ. Соответственно возросли и требования к АСО боевых сил флота. Следствием этого стало Постановление СМ СССР от 17 марта 1956 г. № 362–233, согласно которому с АСС ВМФ была снята задача по проведению судоподъемных и ПТР для гражданских ведомств с передачей части СС и технических средств в созданную спасательную службу Министерства МФ. В период создания океанского флота страны происходило активное обновление и пополнение судового состава АСС (табл. 3). Так, уже к 1966 г. основой АСС стали новые СС пр. 527 и пр. 532 и морские спасательные буксиры пр. 733 и пр. 1452. В 1961 г. ПЛ «С-63» пр. 613 была переоборудована в экспери-

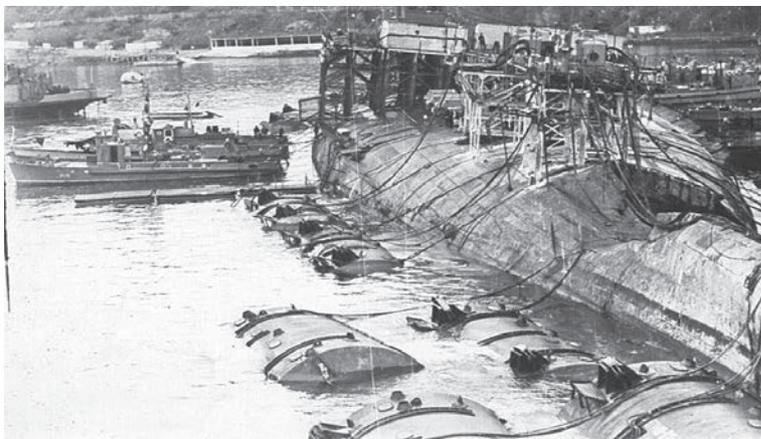


Рис. 5. Подъем линкора «Новороссийск», Севастополь, 1956–1957 гг.

Характеристики спасательных судов, подводных лодок и подводных обитаемых аппаратов, построенных в 1955-1990 гг. для АСС (ПСС) ВМФ

Наименование класса и подкласса судов	Проекты судов	Кол-во судов	Годы поступления судов в состав ВМФ	Водоизмещение, полн., т	Мощность ЭУ, л.с.	Скорость, п.х., уз
Спасательное судно	527, 527М, 527П	9	1959-1965	3230	2×3600	17,5
Спасательное судно	532, 532А	13	1959-1965	899	2×2000	17,5
Спасательное судоподъемное судно	530	1	1967	5680	4×1800	16,5
Спасательное судно	537	1 1	1979 1989	14300	2×12650	20,0
Спасательное судно	05360	1 1	1978 1979	7960	1×6100	15,8
Спасательное судно	05361	1 1	1982 1983	8130	1×6100	15,8
Спасательное судно	141	4	1988-1990	6200	2×1500	13,5
Спасательное буксирное судно	877	2	1958	1475	1×1250	13,0
Спасательное буксирное судно	733 733с	40	1958-1966	890 934	1×1500	13,2
Спасательное буксирное судно	2030	2	1958	1850	2×2100	17,0
Рейдовый буксир	737	26	1960-1983	192	2×450	9,8
Морское буксирное судно	745	17	1972-1990	1390	2×1500	13,2
Спасательное буксирное судно	1452	4	1974-1987	4040	2×4500	18,0
Спасательное буксирное судно	5636	4	1977-1978	2200	1×3500	14,0
Спасательное буксирное судно	714	9	1980-1982	2155	1×3500	14,0
Спасательное буксирное судно	В-92	1	1983	4000	2×3600	15,0
Спасательное буксирное судно	712	4	1984-1986	2980	2×3500	16,0
Спасательное буксирное судно	5757	2	1989	7650	4×6120	18,0
Противопожарное судно	1893	7	1968-1975	930	2×2240	18,0
Противопожарное судно	1993	2	1982-1983	1255	2×2550	17,0
Противопожарный катер	14611	9	1984-1986	320	2×520	12,5
Морское водолазное судно	535	30	1971-1988	300	2×300	12,0
Рейдовый водолазный катер	1415рв	43	1971-1991	40	1×300	12,0
Экспериментальная подводная лодка	666	1	1962	1347	2×2000	13,6
Управляемый спасательный снаряд	-	1	1962	11,4		2,5
Спасательная подводная лодка	940	1 1	1976 1979	5000	2×4000	15,0
Подводная база-лаборатория	1840	1	1980	2564	1900	8,0
Спасательный автономный подводный аппарат	1837 1837к	5 4	1970-1981	46,5 46	11,2	3,6 3,5
Спасательный глубоководный аппарат	1855	4	1986-1989	56	35,0	3,7
Автономный рабочий снаряд	1839 18392	7 4	1971-1990	46 47	30,0	3,9 3,5
Автономный подводный аппарат	1832	4	1973-1981	65	13,6	3,0
Глубоководный подводный аппарат	1906	1	1983	355	22,0	2,65

ментальную спасательную ПЛ (ЭСПЛ) пр. 666, на которой разместили самоходный управляемый спасательный снаряд (УПС). В 1962 г. во время испытаний ЭСПЛ впервые в мировой практике были проведены расстыковка и стыковка УПС с ПЛ-носителем и аварийной ПЛ, находившихся в подводном положении [6]. Успешные результаты испытаний ЭСПЛ и УПС в 1962–1965 гг. послужили основанием для развития отечественных СПЛ и спасательных глубоководных аппаратов (СГА)[3].

Обновление и пополнение судового состава произошло и по другим подклассам судов. В подразделения АСС поступили водолазные суда пр. 535, рейдовые водолазные катера пр. 1415 РВ, противопожарные катера пр. 14611 и противопожарные суда пр. 1893. Вошли в строй новое судоподъемное судно «Карпаты» и уникальные спасательные корабли – СПЛ пр.940. В 1976 и 1979 гг. были построены две СПЛ пр. 940 (рис. 7), каждая

из которых несла на себе 2 СГА пр.1837 с рабочей глубиной 500 м.

Знаменательной вехой в развитии АСС ВМФ наряду с созданием СПЛ является создание рабочих и поисково-обследовательских обитаемых подводных аппаратов (ОПА) [5,6]. С поступлением на флоты первых рабочих ОПА пр. 1839 на Черноморский флот (ЧФ) был осуществлен подъем с труднодоступных для водолазов глубин (115–165 м) или совсем для них недоступных (до 400 м) двух самолетов и около десяти единиц минно-торпедного оружия. Для обеспечения деятельности кораблей ВМФ в любых районах Мирового океана были построены два уникальных по своим многоцелевым возможностям СС пр. 537 [4 – 6].

Высокий профессионализм и большое мужество проявили спасатели в ходе целого ряда операций. Это спасение транспортов «Иргиз» в 1956 г. (ЧФ) и «Посыет» в 1979 г. Тихоокеанского флота (ТОФ). В этом же ряду стоит

операция 1972 г. в Атлантике, проведенная спасателями по поддержанию на плаву, а затем буксировке в базу атомной ПЛ «К-19». В 1967–1969 гг. выполнены технически сложные работы по подъему с 200-метровой глубины в Баренцевом море ПЛ «С-80» и большой объем трудоемких судоподъемных работ в 1972–1974 гг. в порту Читтагонг Народной Республики Бангладеш, работы в 1977 г. по подъему БПК «Отважный» и др. [7].

Важным направлением деятельности сил и средств АСС ВМФ стало обеспечение полетов космических кораблей (КК). С увеличением интенсивности космических запусков в целях обеспечения безопасности космонавтов в случае вынужденной или плановой посадки КК на морских и океанских акваториях в 1967 г. в Минобороны была создана поисково-спасательная служба (ПСС) ВМФ, так как силами и средствами АСС ВМФ эти задачи не могли быть решены [8].



Рис. 7. Спасательная подводная лодка пр. 940

Известно, что с 1963 г. до 1979 г. АСС ВМФ была объединена с Вспомогательным флотом (ВФ) ВМФ. Это объединение имело как положительные, так и отрицательные аспекты. С одной стороны, появились возможности привлечения к АСР морских буксиров ВФ (пр.192, 498, 745 и др.), килекторов, а также других судов обеспечения, а с другой стороны, АСС ВМФ приходилось выполнять несвойственные ей задачи. В 1979 г. новая организационная структура получила наименование ПСС ВМФ. В 1979–1990 гг. круг выполняемых спасателями ВМФ задач расширился в связи с объединением АСС с ПСС ВМФ. Такая реорганизация позволила сосредоточить в единой организационной структуре все имеющиеся в ВМФ силы и средства в целях выполнения различных видов поисковых и спасательных работ, повысить оперативность руководства ими, а также более обоснованно планировать развитие сил и средств поисково-спасательного обеспечения (ПСО) [1].

Большой вклад в развитие АСС ВМФ в 60–70-е гг., которые специалисты называют «эпохой Чикера», сделан крупнейшим специалистом и организатором аварийно-спасательного и судоподъемного дела инженер-контр-адмиралом Н.П.Чикером (рис. 8). В



Рис. 8. Начальник АСС ВМФ инженер-контр-адмирал Н.П. Чикер

1948–1956 гг. он был заместителем начальника НИИ АСС и многое сделал для его становления и развития. Н.П.Чикер руководил подъемом лайнеров «Ганза», «Гамбург», линкора «Новороссийск», спасением теплохода «Русь», экипажа ПЛ «М-351», подъемом ПЛ «С-80» и многими другими работами. С 1958 по 1963 г. Н.П. Чикер руководил АСС ВМФ, а с 1963 по 1972 г. был назначен заместителем начальника ВФ и АСС ВМФ – главным инженером АСС ВМФ [9].

В 80-е гг. продолжалось обновление и пополнение судового состава ПСС. Были построены спасательные суда пр. 05361, пр.5757, противопожарные суда пр. 1993, поступил на флот поисково-обследовательский корабль пр. 2666. Арсенал средств судоподъема пополнялся более совершенными средствами. Расширилась практика использования обитаемых подводных аппаратов. Все это позволило успешно решить задачи ПСО ВМФ и выполнить большое число судоподъемных и АСР. Вместе с тем гибель АПЛ «Комсомолец» показала, что не всегда со стороны ПСС ВМФ проявлялась должная требовательность к проверке состояния аварийно-спасательных средств кораблей и умения экипажа пользоваться этими средствами. В определенной мере это было следствием отсутствия в организационной структуре ПСС ВМФ специального контрольного органа по этим вопросам. Такой орган – Инспекция ПСС (в центре и на флотах) – был создан в 1992 г.

В 80-е гг. было выполнено несколько сложных и интересных в техническом аспекте судоподъемных работ, в том числе с применением новых средств и методов судоподъема (ПЛ «С-178», ПЛ «К-429», плавбаза «Атрек», плавмастерская «ПМР-95», опытовое судно «Кит», торпедолов «ГЛ-993» и др.) Кроме того, техническими судоподъемными отрядами (ТСПО) был осуществлен большой объем судоподъемных работ по исполнению постановлений СМ СССР по очистке побережья морей и речных водоемов

от затопленных кораблей, судов и других объектов.

Особенностью *четвертого этапа* развития судов ПСС ВМФ с начала 90-х и до начала 2000-х гг. являлась устойчивая тенденция массового списания СС как по причине их физического износа и морального старения, так и из-за отсутствия финансовых и материально-технических условий эксплуатации судов. Это единственный этап в истории АСС ВМФ с отрицательной динамикой развития судового состава. Процесс реформирования ВМФ с начала 90-х гг. непосредственно затронул ПСС (с 1993 г. – УПАСР) ВМФ. Из-за наличия финансовых, организационно-правовых и научно-технических проблем общее количество СС сократилось почти на 40% и составляло около 120 ед. [1].

Списание из числа действующих двух СПЛ пр. 940, ПЛ пр. 1840, СС «Эльбрус» (пр. 537), СС пр. 527 (кроме СС «Эпрон») и СС пр. 532 резко ограничило возможности проведения работ по спасению экипажей аварийных ПЛ, лежащих на грунте, что нашло подтверждение при гибели АПЛ «Курск».

Ключевым направлением решения задач ПСО ВМФ в сложившихся условиях стало совершенствование координации с другими АСС страны и при выполнении АСР, и развитии судового состава. Для этого в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 1.03.1993 г. № 174 «О совершенствовании деятельности ведомственных АСС по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России» [10] в 1993–1997 гг. были разработаны Положение о взаимодействии АСС министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России (действует до настоящего времени), проект Федеральной целевой программы по строительству СС и ряд других нормативных документов федерального уровня.

В этот период были осуществлены:

- строительство авиатранспортабельного СГА пр. 18270 «Бестер»;
- начато строительство водолазного морского судна пр. 11980;
- строительство ОПА «Русь» пр.16810.

Особенностью *пятого этапа* развития судов УПАСР ВМФ является процесс обновления судового состава, начало которому было положено «Комплексной программой восстановления и поддержания готовности сил и средств ПСО ВМФ на 2000–2003 годы», утвержденной в мае 2000 г. (далее – Программа). Для решения приоритетной задачи спасания экипажей аварийных ПЛ в программе была предусмотрена модернизация СС пр. 05360 и пр.05361, дооборудование килекторного судна «КИЛ-143» пр.141 ГВК для погружений



Рис. 9. Подъем БПК «Очаков», Крым, озеро Донузлав, 2014г.

до 300 м, восстановление технической готовности СС, в том числе и СС пр.530 с ГВК-200 и ряд других работ [11].

Катастрофа АПЛ «Курск» в 2000 г., выявившая ряд проблем системы ПСО ВМФ, ускорила техническое переоснащение УПАСР ВМФ. В 2001–2003 гг. в качестве первоочередной меры была проведена установка на существующие СС импортных телеуправляемых обитаемых подводных аппаратов, глубоководных нормобарических скафандров, водолазной техники.

Подъем БПК «Очаков» в 2014 г. стал самой крупной судоподъемной работой, выполненной ВМФ России за постсоветскую историю, как по величине поднятого объекта, так и по значимости результата – освобожден судоходный фарватер в озеро Донузлав (рис. 9)[12].

Существенным шагом вперед в развитии сил и средств ПСО ВМФ стала «Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ на период до 2025 года», утвержденная министром обороны РФ 14.02. 2014 г. [13] (далее – Концепция), которая определила цель, задачи и основные направления развития системы ПСО ВМФ в современных условиях. Разработана нормативная правовая база, определяющая порядок привлечения АСС других ведомств для обеспечения ВМФ. Так, например, с целью привлечения атомного ледокольного флота к

обеспечению деятельности ВМФ в Арктике подготовлены указы Президента РФ «О привлечении атомного ледокольного флота к обеспечению деятельности ВМФ в Арктике» и «Об утверждении Положения о взаимодействии Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и Министерства обороны РФ в области обеспечения деятельности ВМФ в Арктике». В части развития системы управления ПСО ВМФ предусмотрено оснащение органов управления автоматизированными комплексами поддержки принятия решений на проведение поисково-спасательных операций.

Основными результатами на сегодняшний день Концепции [13] в части развития судового состава (табл. 4) является создание СС ПЛ пр. 21300

(рис. 10) с СГА пр. 18271, 35 многофункциональных спасательных судов пунктов базирования пр. 23370, пр. 23040 (рис. 11), 11 спасательных буксирных судов ближней морской зоны пр. 745мбс, 22870, 02980 (рис. 12) [14 – 16]. Спасательное судно пр. 21300 передано ВМФ в 2015 г., а в 2018 г. с него осуществлено рекордное погружение водолазов на глубину 416 м. Перспективным решением следует считать создание модульной системы спасания экипажей аварийных ПЛ, лежащих на грунте для СС пр. 141 и других не специализированных СС. Следует отметить, что для вспомогательного флота ВМФ, других управлений Минобороны, ФГБУ «Морспасслужба», ПАО «Газпром», ПАО «Совкомфлот» и других организаций, начиная с 2000 г., также построены десятки современных судов обеспечения, которые можно и нужно рассматривать в качестве возможных платформ для оперативного размещения мобильных средств выполнения АСР. Служба поисковых и АСР (с 2009 г. СПАСР) ВМФ успешно координирует работу по сотрудничеству в области поиска и спасания на море с другими странами. Например, Постановления Правительства РФ от 12.02.2015 г. №6254 и от 15.10.2015 г. №2068р утверждены соглашения о сотрудничестве в области поиска и спасания экипажей аварийных ПЛ с Королевством Швеция и Республикой Корея.



Рис. 10. Спасательное судно «Игорь Белоусов» пр. 21300

Таблица 4

Характеристики спасательных судов и обитаемых подводных аппаратов, построенных в 2000–2020 гг. для СПАСР ВМФ

Наименование класса и подкласса судов	Проекты судов	Кол-во судов	Годы поступления судов в состав ВМФ	Водоизмещение, полн. т	Мощность ЭУ, л.с.	Скорость, п.х., уз
Морское водолазное судно	11980	1	2004	330	2х600	11,0
Спасательное буксирное судно	745мбс	1	2013	1390	2х2280	14,0
Спасательное судно	21300	1	2015	5037	2х3265	15,0
Спасательное буксирное судно	22870	6	2013-2019	1674	2х2100	14,0
Многофункциональный модульный катер псо Пунктов базирования	23370 23370м	14 1	2014-2020	109 150	2х380 2х380	10,0 13,0
Многофункциональный рейдовый катер псо	23040	20	2013-2020	118	2х600	13,7
Спасательное буксирное судно	02980	4	2016-2017	1300	2х3625	14,5
Автономный глубоководный аппарат	16810 16811	1 1	2007 2011	23,6		3,0
Спасательный глубоководный аппарат	18271	1	2015	39,5		3,2



Рис. 11. Многофункциональный модульный катер пр. 23370



Рис. 12. Спасательное буксирное судно «Профессор Николай Муру» пр. 22870

Развитие СПАСР ВМФ до 2025 г. основано на реализации комплекса мероприятий третьего этапа Концепции, предусматривающих, в том числе:

- серийное строительство и освоение многофункциональных спасательных судов;
- внедрение и освоение основных типов судового специализированного модульного оборудования;
- внедрение и освоение авиационных поисково-спасательных комплексов;
- создание аэромобильной системы спасания подводников;
- продолжение сотрудничества в области поиска и спасания на море с заинтересованными государствами, международными организациями.

ВЫВОДЫ

1. Столетний период развития АСС ВМФ характеризуется динамичными и сложными процессами. Основными факторами, влияющими на развитие АСС ВМФ за прошедшее столетие, являются:

- место и роль АСС ВМФ в системе органов военного управления ВМФ;
- состав боевых кораблей ВМФ в ближней и дальней морских зонах;
- требования к системе ПСО ВМФ;
- достижения науки и техники при создании сил и средств для выпол-

нения аварийно-спасательных, водолазных, судоподъемных, поисково-обследовательских, водолазных и глубоководных работ.

2. Устойчивой тенденцией современного этапа развития судов АСС ВМФ является создание многофункциональных судов, решающих несколько задач ПСО. В номенклатуре СС исчезли такие подклассы, как спасательные подводные лодки, судоподъемные суда, поисково-спасательные корабли. Существенно сократилось количество противопожарных судов и катеров. Вместе с тем значительно возросла роль средств автоматизации ПСО ВМФ, подводной робототехники и специализированного модульного оборудования для выполнения аварийно-спасательных работ.

3. Перспективы дальнейшего развития СПАСР ВМФ зависят от реализации «Концепции развития системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ на период до 2025 года». Особенности современного развития страны создают условия оптимизации состава и структуры СПАСР ВМФ и поиска новых путей эффективного решения актуальных задач ПСО ВМФ с учетом сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спасатели Военно-Морского Флота.– М.: Воениздат,1996.
2. Чикер Н.П. Служба особого назначения. – М.: Изд. ДОСААФ, 1975.
3. Кузин В.П., Никольский В.И. Военно-Морской Флот СССР, 1945-1991 : История создания послевоенного ВМФ СССР и возможный облик флота России. – СПб.: Историческое Морское Общество, 1996.
4. Суда поисково-спасательного назначения.– Машиностроение. Энциклопедия. – Т.IV-20 Корабли и суда. – Кн. 2: Проектирование и строительство кораблей, судов и средств океанотехники.– СПб.: Политехника,2004.
5. Лубянов А.Н. Прорыв в глубину. Подводные аппараты ВМФ. История создания и применения. – Севастополь: Таврида, 2003.
6. Форст А.А., Шамалов А.А. Спасательные суда ВМФ//Морской вестник. – 2020. –№ 2(74).
7. Илюхин В.Н. Этапы развития спасательного, водолазного и судоподъемного дела в ВМФ России. – В кн.:Подводные технологии и средства освоения Мирового океана.– М.: ИД «Оружие и технологии», 2011.
8. Голубев В.Г., Головин Д.А. Кожурич В.П. Поисково-спасательное обеспечение полётов космических аппаратов//Информационный сборник УПАСР ВМФ «70 лет ПСС ВМФ».– 1990. – №2(38).
9. Муру Н.П., Маняк С.Н. Чикер Николай Петрович. Биографический очерк. – СПб.,1995.
10. Постановление Совета Министров - Правительства РФ №174 от 01.03.1993г. «О совершенствовании деятельности ведомственных АСС по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России». – <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=225141#05690033363800673> / (Дата обращения 21.11.2020).
11. Илюхин В.Н. К вопросу о развитии спасательных судов федеральной системы поиска и спасания на морях России// Тр. Российского НТО им. акад. А.Н.Крылова. – 2016. – Т.1. – Ч.1.
12. Краморенко А.В., Асминин В.В., Бех В.Ф. Водолазные работы при подъеме БПК «Очаков» // Нептун. Водолазный проект. – 2015.–№2. – С.34–43.
13. Концепция развития системы ПСО ВМФ до 2025 г./Морская политика России. – 2013.– №6.
14. В состав ВМФ России в 2020 году будут переданы два многофункциональных спасательных судна пунктов базирования. – <https://portnews.ru/news/print/301420/> / (Дата обращения 21.11.2020).
15. Игра на опережение. Проблемы и перспективы спасательных катеров ВМФ России. –<https://topwar.ru/38408-igra-na-operezhenie-problemy-i-perspektivy-spasatelnyh-katerov-vmf-rossii.html> / (Дата обращения 21.11.2020).
16. Буксиры ВМФ.– http://russianships.info/vspomog/menu_buksir.htmhttp://russianships.info/vspomog/menu_buksir.htm / (Дата обращения 21.10.2020). ■

В международном праве есть такой вид материальной ответственности страны-агрессора за причиненный ущерб другим государствам, как репарации. К данному виду ответственности после окончания Второй мировой войны были привлечены Германия, Италия и Япония. Реализация репараций осуществлялась в различных формах, одной из которых было изъятие в счет репараций у перечисленных стран боевых кораблей и вспомогательных судов военно-морских сил (флотов) и распределение их между странами-союзниками. Примером репараций в интересах советского ВМФ служит получение кораблей итальянского флота. Обращение к примеру раздела кораблей итальянского флота связано с тем, что именно с одним из этих кораблей – линкором «Новороссийск» («Джулио Чезаре») – произошла самая трагическая катастрофа в истории ВМФ СССР, в которой погибло 600 матросов, старшин и офицеров.

Корабль был заложен в Генуе 24 октября 1910 г. и вступил в строй 14 мая 1914 г.

Основные тактико-технические характеристики корабля

Водоизмещение, тыс. т.	24,5
Мощность гл. механизмов, тыс. л.с.	32
Наиб. скорость хода, уз.	22

Артиллерийское вооружение, орудий:	
– главный калибр.	13×305-мм в 5 башнях (3 трехорудийных и 2 двухорудийных)
– противоминный калибр.	18×120-мм в бронированном каземате и 2×76-мм на верхней палубе
– зенитный калибр.	6×76-мм орудий
Торпедное вооружение 3×450-мм подводных торпедных аппарата [1]	

В 1937 г. была проведена модернизация линкора, в ходе которой для придания корпусу более обтекаемой формы поверхность старого корпуса была выполнена носовая наделька, что увеличивало длину корабля на 10 м. Для улучшения мореходности надстроен полубак, примыкавший в районе миделя к бронированному каземату. На протяжении 106,5 м (от 50-го до 172-го шп.) в пределах прежних обводов была встроена бортовая конструктивная подводная защита системы Пульзе. Существенным изменениям подверглось артиллерийское вооружение корабля (торпедное вооружение было снято). Средняя трехорудийная башня главного калибра была снята, а в оставшихся четырех башнях калибр орудий был увеличен с 305-мм до 320-мм. Вместо размещавшейся ранее в каземате противоминной артиллерии были установлены 6 двухорудийных башен со 120-мм орудиями. Зенитная артиллерия состояла из 8 орудий калибром 100-мм в 4 двухорудийных установках. Для размещения главного командного пункта и постов управления артиллерийским огнем создали бронированную башеннобашенную фок-мачту.

Полностью была заменена вся механическая установка. Мощность главной энергетической установки (ГЭУ) возросла с 32 тыс. л. с. до 97,5 тыс. л. с. Троекратное увеличение мощности, заострение носовых обводов, а также создание носового бульба, уменьшающего волновое сопротивление корабля, привели к росту наибольшей скорости хода с 22 уз до 27,8 уз.

В результате модернизации водоизмещение линкора существенно возросло: стандартное достигло 25,46 тыс. т. (при осадке 9,34 м), а полное – 29,03 тыс. т. (осадка – 0,44 м).

В соответствии с принятым в декабре 1943 г. на Тегеранской конференции соглашением между СССР, США, Великобританией 1 линкор, 1 крейсер, 8 эсминцев и миноносец,

ЛИНКОР «НОВОРОССИЙСК» («ДЖУЛИО ЧЕЗАРЕ») И ЕГО ПРИЕМКА

Б.А. Барбанель, канд. техн. наук, академик РАЕН, вице-президент РосНТО им. акад. А.Н. Крылова,

В.Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф, заслуженный деятель науки РФ, науч. руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

С.В. Федулов, д-р истор. наук, доцент

Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского,

М.А. Орлов, канд. воен. наук, ст. науч. сотрудник НИЛ ВМИ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,

контакт. тел. (812) 315 5027



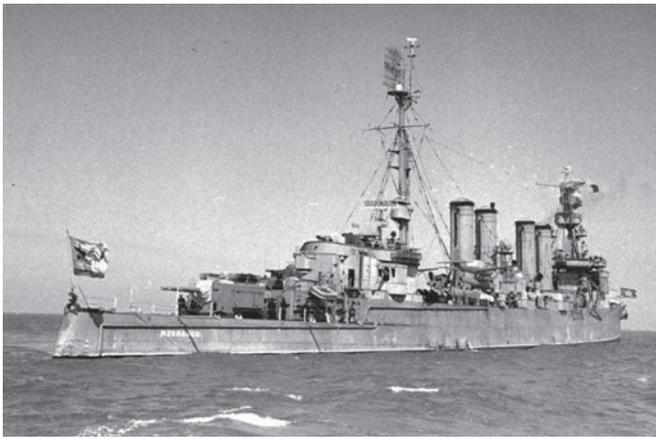
Линкор «Новороссийск» («Джулио Чезаре»)

Главные размеры линкора после модернизации [2]

Длина, м:	
– наибольшая.	186,4
– по КВЛ.	182,3
Ширина по КВЛ, м.	28,00
Высота борта, м:	
– в носу.	16,90
– при миделе.	16,04
– в корме.	13,90

4 подводные лодки и ряд других кораблей ВМС уже капитулировавшей в то время Италии подлежали передаче Советскому Союзу. Однако, ссылаясь на особенности стратегической обстановки в бассейне Средиземного моря и свои взаимоотношения с правительством Италии, США и Великобритании этого соглашения во время войны не выполнили. Временно взамен итальянских кораблей в августе 1944 г. они передали СССР устаревшие английский линкор «Ройал Соверен» («Архангелск»), американский крейсер «Милуоки» («Мурманск»), 9 потрепанных эсминцев американской постройки периода Первой мировой войны (эсминцы, по заявлению одного американского журнала, «годились только на слом») и 4 английские подводные лодки [3]. Справедливости ради стоит отметить, что и крейсер «Милуоки» («Мурманск») был не лучшим представителем кораблей своего класса. Вступив в состав американского флота 20 июня 1923 г., корабль предназначался для использования в южных морях. Поэтому на крейсере была установлена слабая теплоизоляция, а местами она вообще отсутствовала. Не было стекол в большинстве иллюминаторов. Калориферная система отопления подогретым воздухом была неэффективной (при температуре наружного воздуха 20 °С в помещения поступал воздух с температурой около 0 °С) [4], и это в условиях севера. В результате поддержание нормальных условий обитаемости экипажа, сохранность материальной части корабля и эффективное использование вооружения не представлялись возможными.

Впоследствии, после распределения итальянских кораблей, подлежащих репарации, вышеперечисленные корабли были возвращены США и Великобритании. Распределение итальянских кораблей осуществлялось специально созданной Военно-морской комиссией четырех держав: СССР, США,



Крейсер «Мурманск» («Милуоки»)

Великобритания, Франция. В заседаниях также принимали участие представители Югославии, Албании и Греции. Итальянскую сторону представляла специальная техническая комиссия из трех человек [5].

Важным условием передачи кораблей являлось проведение на них капитального ремонта и оснащение их по нормам, установленным в итальянском флоте, в том числе и боеприпасами итальянского производства (в зависимости от калибра орудий одним-двумя боекомплектами). За качеством проводимого ремонта и обеспечением их всем необходимым следили представители стран, которым передавались корабли. Так, линкор «Джулио Чезаре» проходил капитальный ремонт в Генуе. Линкор был передан советской стороне в албанском порту Влера, где 6 февраля 1949 г. на нем был поднят советский военно-морской флаг, и он вступил в состав ВМФ СССР под новым именем «Новороссийск». Корабль принимала спецкоманда во главе с адмиралом Г. И. Левченко [6].

Огромную роль в быстроте и качестве приемки линкора сыграли высокий уровень профессиональной подготовки и упорство советских моряков, позволивших в короткий срок освоить сложную технику незнакомого корабля и привести его своим ходом в Севастополь. Основная нагрузка легла при этом на личный состав электромеханической боевой части (БЧ-5), которой руководил инженер-капитан 1 ранга Л. А. Руднев, награжденный за эту операцию орденом «Красного Знамени» и впоследствии удостоенный звания инженер-контр-адмирала [7] (в то время флагманский инженер-механик эскадры Черноморского флота, до этого служивший командиром БЧ-5 линкора «Севастополь»).

Освоение неизвестного корабля иностранной постройки советским экипажем заняло 16 суток. Осуществить это позволили определяющие факторы, а именно: во-первых, по линии разведывательных органов ВМФ приемщики получили некоторые данные об электромеханической установке и других устройствах. Во-вторых, скрупулезный выбор и назначение грамотных и подготовленных руководителей боевых частей корабля. В-третьих, грамотный подбор личного состава группы приемщиков, который набирался с линкора «Севастополь» и крейсеров. В-четвертых, на подготовительном этапе командирами боевых частей совместно с другими офицерами была разработана организация личного состава по дивизионам, группам и ориентировочно по боевым постам, которая в основном оказалась достаточно удачной. В-пятых, в процессе формирования экипажа, а также на переходе в порт Влера на теплоходе «Украина» командиры и офицеры боевых частей расписали обязанности каждого старшины и матроса на время приемки и освоения технических средств. Эта отработка продолжалась и на берегу в казарме. Итальянский линкор пришлось ожидать около 20 суток [8].

Л. А. Руднев вспоминал, что по соглашению приемка корабля должна была продолжаться в течение трех суток,

но по существу произошел захват корабля, а не приемка. На это личный состав приемщиков ориентировали командование и «компетентные органы», опасаясь вредительства и диверсий. Происходило это так: капитану 1 ранга Л. А. Рудневу было приказано встретить корабль на катере и указать место постановки на якорь, заранее отмеченное буйками. Как только корабль показался, весь личный состав приемщиков был погружен на плавсредства с трехдневным сухим пайком и койками [9].

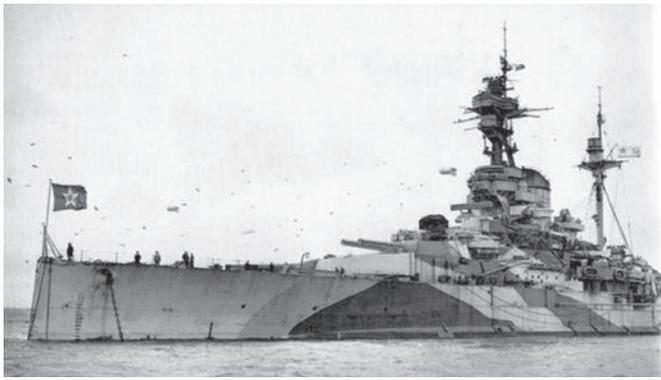
После отдачи кораблем якоря на его борт поднялся Л. А. Руднев. Сразу же за ним начал высаживаться на линкор остальной личный состав БЧ-5, который в течение 20–30 минут занял все ключевые посты, начал осваивать корабль и переводить энергетическую установку с ходового на якорный режим. После завершения этого процесса всех итальянцев с боевых постов удалили, оставив лишь часть из них у действующего парового котла вместе с советскими специалистами. По одному итальянскому турбинисту и электрику оставили также у действующего турбогенератора и одного старшину трюмных в посту энергетики и живучести [10].

Вся итальянская команда была помещена в кубриках с выставленными у входа нашими вооруженными часовыми. Данные меры были вполне обоснованы, так как некоторые поступки итальянской сдаточной команды в процессе перевода энергетической установки линкора с ходового режима на якорный по прибытии к месту носили характер противодействия. Так, при остановке главного конденсатного насоса в 1-м машинном отделении машинист-итальянец стал закрывать клапан отработанного пара вместо свежего пара, что могло привести к аварии. Советский машинист схватил его за руку и сделал все правильно. Еще один пример: при переводе отработанного пара с главного конденсатора на вспомогательный последний стал резко греться при запуске вспомогательного циркулярного насоса. Оказалось, что итальянский машинист не открыл клапан на отливном кингстоне, что было быстро обнаружено [11].

Предпринятые меры обидели итальянцев, поэтому ни о какой передаче корабля по существу не могло быть и речи. Когда Л. А. Руднев через переводчика обратился к старшему инженеру корабля с просьбой рассказать о нем, его технических средствах, тот вежливо, но сухо указал на лежащие на столе папки с документами, сказав, что в них все основное указано. Л. А. Рудневу осталось лишь взять эти документы и предложить итальянцу удалиться. Через сутки с постов были сняты все оставшиеся итальянские специалисты, и советский экипаж полностью перешел на самостоятельное управление в якорном режиме [12].

По условиям соглашения на время до прихода в Севастополь на линкоре должны были оставаться 16 итальянских инструкторов электромеханической специальности, но Л. А. Руднев сразу же доложил адмиралу Г. И. Левченко, что ему больше трех не нужно, а через двое суток – что вообще никто из итальянских специалистов для перевода корабля в Севастополь не нужен [13], так как личный состав выразил огромное желание изучить и освоить технические средства, системы и корабль в целом. После этого пришлось проделывать колоссальную работу, чтобы обезопасить линкор от взрывов, поскольку все время «сверху» шла информация о возможных диверсиях. Пришлось тщательно обследовать весь корабль, а для этого, в частности, перекачать все жидкие грузы из одних цистерн в другие, вскрыть все горловины и осмотреть цистерны изнутри [14]. На шестые сутки линкор совершил пробный двухчасовой выход в пределах залива Влера, который прошел нормально. На 16-е сутки корабль убыл в Севастополь.

В море линкор вышел через полгода. Потребовалось время для приведения его в порядок, кроме того, собранную на период приемки и перехода спецкоманду вскоре (после сдачи своего корабля в Англии) сменил экипаж линко-



Линкор «Архангельск» («Ройал Соверен»)

ра «Архангельск» [15]. А работы по приведению линкора в порядок требовалось много, так как в течение пяти лет (с 1943 по 1948 г.) линкор, в числе других кораблей итальянского флота стоял интернированным в английской базе на острове Мальта с минимумом команды и без надлежащего технического обслуживания, ржавея и обрастая ракушкой. Часть наиболее совершенного приборного оборудования была снята. Однако непосредственно перед передачей корабля Советскому Союзу он прошел ремонт в Генуе, касавшийся в основном электромеханической части [16].

По свидетельству вновь назначенных на линкор командира дивизиона живучести С. Г. Бабенко и командира трюмной группы Ю. Г. Лепехова, принятый корабль находился в невероятно запущенном состоянии, и потребовалось более трех месяцев, чтобы привести его в порядок. По воспоминанию С. Г. Бабенко на корабле не было элементарных условий ни для повседневной жизни, ни тем более для службы личного состава. При стоянке в базе экипажи итальянских кораблей жили в береговых казармах, а на линкоре не оказалось даже нормального камбуза. Первое время (до ремонта) его заменяли армейские кухни [17].

В середине мая 1949 г. корабль поставили в Северный док. При этом специалисты были поражены как изяществом обводов подводной части, так и исключительно интенсивным ее обрастанием ракушкой в районе переменной ватерлинии. Сказалось многолетнее нахождение без хода в теплых водах

Средиземного моря. Не в блестящем состоянии находилась и забортная арматура. Более того, в ходе ремонта обнаружилось, что почти полностью заросли ракушкой трубопроводы пожарной системы, пропускная способность которых уменьшилась в несколько раз [17]. И это были далеко не все недостатки. Несмотря на проведенные работы, все они полностью устранены не были.

Таким образом, после окончания Второй мировой войны советский военно-морской флот получил по репарациям корабли стран-агрессоров, среди которых линкор «Новороссийск» («Джулио Чезаре») был, пожалуй, самый технически сложным из всех полученных. Это предъявляло особые требования к приемщикам, тем более в условиях противодействия итальянской сдаточной команды. Быстрой и качественной приемке корабля способствовали, как, во-первых, скрупулезный подбор приемщиков (офицеров, старшин и матросов), во-вторых, обученность и высокая квалификация приемщиков, в-третьих, серьезная предварительная подготовка личного состава (расписание по боевым постам, глубокое изучение каждым приемщиком своих функциональных обязанностей и технической документации, полученной от разведывательных органов и др.), в-четвертых, самоотверженность всего советского приемного экипажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Муру Н. П.* Катастрофа на внешнем рейде. – СПб.: Элмор, 1999, с. 7.
2. Там же. С. 10–11.
3. Там же. С. 11.
4. Филиал ЦА МО РФ (Архив ВМФ, г. Гатчина). Ф.13. Оп. 71. Д.1149. Л.13.
5. Там же. Ф.14. Оп. 70. Д.1022. Л.28.
6. *Муру Н. П.* Катастрофа на внешнем рейде, с. 11.
7. Там же. С. 13.
8. Там же. С. 14.
9. Там же. С. 14.
10. Там же. С. 13.
11. Там же. С. 14.
12. Там же. С. 14.
13. Там же. С. 14.
14. Там же. С. 15.
15. Там же.
16. Там же. С. 16.
17. Там же. ■

Одним из приоритетных направлений развития судостроения на 2020–2030 гг. является обеспечение эффективной эксплуатации Северного морского пути и освоения арктической зоны Российской Федерации. Для реализации этой задачи необходимо построить большое количество высокотехнологичных научных надводных судов ледового класса, координацией постройки которых на АО «Адмиралтейские верфи» занимается отдел строителей надводных кораблей и судов (ОС-2), расположенный в здании по адресу наб. реки Фонтанки, д. 203 лит. ЭП, которое является вновь выявленным объектом культурного наследия (Дом Берда) (рис.1).

В 1792 г. инженер и предприниматель Карл Берд основал на Матисовом острове литейно-механический завод. С 1800 г. он внедрил на производстве паровую машину и тогда же начал заниматься строительством кораблей. В 1815 г. он создал первый в России

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

А.В. Михайлов, гл. архитектор,

И.А. Алексеев, вед. инженер отдела гл. архитектора,

АО «Адмиралтейские верфи»,

И.А. Кошевой, вед. инженер ФГУП «Ремонтно-строительное управление»

Управления делами Президента РФ,

контакт. тел. (812) 494 7964, 494 7970, 492 3210

пароход. Так в судостроительный комплекс на левом берегу невольского устья вошло новое передовое предприятие.

В 1811 г. казенная земля Матисова острова «со старым каменным строением», оставшаяся от строительства Сального Буяна, была продана Карлу Берду. В соответствии с планом Санкт-Петербурга 1828 г. указанные строения,

сохранившиеся к этому времени, включая лицевой дом, выходящий на Лесную набережную Большой Невы, уже находились на территории Чугунного завода обер-бергмейстера Берда.

В архивных делах отсутствуют чертежи, отражающие перестройку дома, произошедшую в период между 1844 г. и 1850 г. Известно только, что централь-

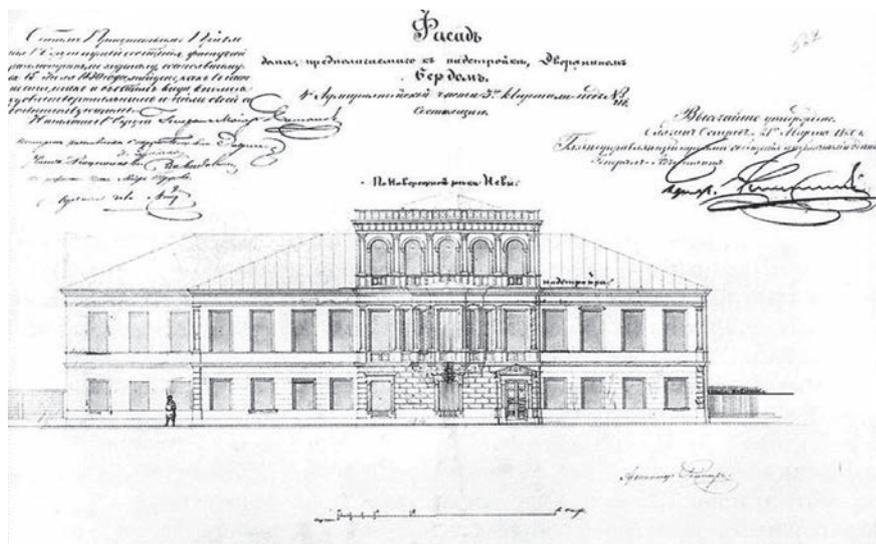


Рис. 1. Визуализация фасада дома Берда, предполагаемого к надстройке

ная въездная арка была заложена, вместо балкона по центральной оси был устроен трехгранный эркер. Вход теперь располагался в центральной части дома по третьей оси справа, на месте окна, и получил оформление металлическим козырьком. С севера здание было расширено двухэтажной пристройкой на три оси. В таком виде здание существовало до 1850 г., когда в Городскую Управу Санкт-Петербурга поступило прошение от владельца дворянина Франца Карловича Берда о надстройке каменного жилого двухэтажного дома каменным мезонином и пристройке со стороны двора оранжереи.

Лицевой фасад двухэтажного каменного дома был расширен на три оси пристройкой с севера и представлял собой решение на 14 осей (относительно первоначальной композиции лицевого фасада – трехчастной, центрально-симметричной на 11 осей с раскреповкой трех центральных осей). По центральной оси раскреповки на втором этаже был трехгранный эркер, вход в здание располагался по правой оси раскреповки и был оформлен металлическим козырьком. Фасад был оформлен междуэтажной тягой и завершен профилированным карнизом.

В 1881 г. вся территория заводов Берда перешла в собственность созданного Акционерного Общества Франко-Русских заводов, правопреемником которых в настоящее время является АО «Адмиралтейские верфи».

Сейчас объект представляет собой трехэтажное административное здание, находящееся в постоянной эксплуатации. В здании расположены помещения, предназначенные для работы специалистов отдела строителей и других подразделений с проектно-конструкторской документацией, а также включает кабинеты, конторские помещения, архив документации и бытовые помеще-

ния. Помещения предназначаются как для использования непосредственно сотрудниками предприятия «Адмиралтейские верфи», так и для многочисленных групп контрагентов – специалистов других предприятий, прибывающих на завод для совместной работы над проектами. Здание имеет высокую эксплуатационную нагрузку, и полезных площадей в нем в настоящий момент недостаточно для обеспечения стабильного и качественного производственного процесса. Взаимная компоновка помещений по назначению на этажах не вполне соответствует задачам современного использования здания.

Здание в плане имеет прямоугольную форму (с выступающим эркером) размерами в осях 36,43 м на 17,68 м, высотой в три этажа с чердачным помещением над ними.

На первом этаже располагаются технические помещения: водомер-теплопункт, электрощитовая (имеющие самостоятельный выход наружу); производственный отдел автоматики; серверная. Высота первого этажа – 3570 мм.

Площадь первого этажа – 463,6 м², второго этажа – 443,9 м², площадь третьего этажа – 322,4 м², площадь чердачного помещения – 109,0 м², в здании предусмотрены две лестничные клетки. С 1-го по 3-й этаж расположены помещения, предназначенные для работы ИТР специалистов. Чердачное помещение используется для технических нужд (венткамера и техпомещение).

На основании изложенной выше информации видно, что эргономические показатели здания требуют переосмысления с учетом того, что оно расположено на исторически сложившемся участке территории действующего предприятия и является объектом культурного наследия.

Специалистами отдела главного архитектора АО «Адмиралтейские верфи»

была проработана идея реконструкции объекта, включающая в себя:

- преодоление морального и физического износа здания,
- адаптация планировочных решений к современному использованию здания,
- обеспечение хороших показателей эргономики труда,
- компактное совмещение блоков помещений различного назначения – бытовых, административных, социальных, рекреационных, инженерно-технических.

Необходимо привести планировочные решения к современным нормативным требованиям по пожарной безопасности и санитарно-эпидемиологического контроля при сохранении характера внешнего облика здания и совмещение исторических интерьерных решений с актуальными нормативными и эргономическими требованиями. По результатам вышеуказанных проработок был подготовлен проект Технического задания на реконструкцию объекта.

Принимая во внимание, что разработка проектной документации на объект культурного наследия (ОКН) имеет свою специфику, отличную от проектирования остальных объектов капитального строительства, было учтено требование о последовательной процедуре необходимых согласований проектной документации с учетом директивных сроков проектирования.

Исходя из всех этих требований, на основании проведения тендера был выбран подрядчик ООО «Архитектурно-реставрационная мастерская «Вега» (реставрация и генеральное проектирование) и ООО «АБ КОНСТРУКТИВ» – (интерьер и концепция реставрации, архитекторы А. Каменева, А. Макеев, И. Дзержинский).

ООО «Архитектурно-реставрационная мастерская «Вега» провела историко-архивные, библиографические, историко-архитектурные, инженерно-технические, химико-технологические исследования и инженерные изыскания в необходимом объеме, по результатам которых был предоставлен отчет «Комплексные научные исследования».

По результатам данного отчета подготовлены проектные решения:

- по корректировке поэтажного зонирования помещений;
- по выделению инженерных технических помещений вводов и присоединения инженерных сетей здания;
- по оптимизации логистики перемещения по зданию, в том числе продление основной лестницы до третьего этажа;
- по использованию чердачных пространств для размещения вспомогательных административных и технических помещений;

- по расширению габаритов коридорных сообщений;
- по расширению одноэтажной пристройки здания;
- по объединению рабочих пространств административных помещений.

Для реализации перечисленных выше пунктов необходимо осуществить:

- замену несущих перекрытий здания на монолитные железобетонные;
- замену несущей конструкции покрытия на металлическую каркасную;
- наращивание внутренней основной лестничной клетки до 3-го этажа;
- изменения в участках внутренних несущих стен здания (расширение проемов, уточнение контуров помещений);
- незначительное расширение контура одноэтажной дворовой пристройки.

При этом элементы охраны ОКН сохраняются. Угол уклона кровли не предполагается к изменению, фасадные решения сохраняются полностью с добавлением нескольких слуховых окон, труб вентиляции и возможным необходимым размещением металлической эвакуационной лестницы на торцевом фасаде. Исторические сводчатые потолки с опиранием на металлические колонны в первом этаже сохраняются и подчеркиваются в интерьере с переносом в эту часть здания помещения архива.

Действующее здание оборудовано системой отопления, системами водоснабжения и канализации, силового электроснабжения, системой телефонии и телевидения. Действующие системы сетей водоснабжения и электроснабжения решены комплексно для здания-объекта реконструкции и примыкающего к нему соседнего производственного здания.

Проектом реконструкции подразумевается выполнение автономных инженерных систем здания с выделением технических помещений ввода в 1-ом этаже – электрощитовой и теплопункта. Предусматривается устройство новой системы механической приточно-вытяжной системы вентиляции и кондиционирования воздуха. В целях обеспечения нормативных требований пожарной безопасности здание оснащается автоматической системой пожарной безопасности и системой оповещения. Для обеспечения безопасности ОКН будет также оснащен системой контроля доступа и системой охранного телевидения.

Указанный проект был выполнен и представлен на рассмотрение в Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Правительства Санкт-Петербурга (КГИОП) и 27 ноября 2020 г. было получено согласование проектной документации.

Реконструкция Дома Берда запланирована на период с 2021 по 2024 г., поэтапно, в соответствии с графиком строительства судов и, соответственно, освобождением помещений для работ (методом непрерывного освоения фронтов). Здание будет разбиваться на так называемые захватки, на которых будет выполняться реконструкция.

Основной период работ включает в себя:

- усиление фундаментов в два этапа.
- замена перекрытий по деревянным балкам на монолитные железобетонные плиты по металлическим балкам, включая перекрытие 1-го этажа; замена лестницы на каменные ступени по металлическим косоурам, центральной лестницы, конструкции кровли с деревянными стропилами на стальную стропильную систему; инъектирование трещин в кирпичных стенах цементным раствором; устройство отсечной гидроизоляции по обрезу цоколя путем нагнетания в кладку гидрофобных растворов;
- прокладку и подключение наружных инженерных сетей;
- благоустройство и восстановление приобъектной территории.

В условиях функционирующего предприятия необходимо перед началом проведения земляных работ вызвать представителей заинтересованных служб и владельцев инженерных коммуникаций с целью определения фактического расположения сетей и согласования методов производства работ. При наличии рядом действующих кабелей земляные работы следует проводить под непосредственным наблюдением и руководством специалиста, назначенного приказом.

Объект находится на берегу р. Б. Нева, с южной стороны протекает р. Пряжка поэтому территория реконструкции должна быть защищена от поступления поверхностных вод, для чего их перехватывают и отводят за пределы площадки.

Далее работы будут проводиться в соответствии с технологией, определенной в проектной документацией, по плану развития АО «Адмиралтейские верфи» с обязательным привлечением специалистов КГИОП.

На 2021 г. запланирован первый этап реконструкции – ремонт блока кабинетов на 2-м этаже.

После проведения полной реконструкции здания рабочая площадь помещений для отдела строителей надводных кораблей и судов увеличится на 15–19%, это позволит в дальнейшем расширить штат отдела, а следовательно, и мощности АО «Адмиралтейские верфи» для внесения вклада в развитие гражданской и военно-морского флотов Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маклакова Т. Г., Нанасова С. М., Шарпенко В. Г. Проектирование жилых и общественных зданий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1998.
2. Восстановление памятников культуры. Проблемы реставрации: Сб. ст. – М., 1981.
3. Ильинская И. А. Восстановление исторических объектов ландшафтной архитектуры. – Л., 1984.
4. Бузаева И. М. Обмеры памятников архитектуры: Методические разработки. Консервация и реставрация памятников и исторических зданий / Пер. с франц. Н. И. Суходрев и Ж. С. Розенбаума. – Екатеринбург, Изд-во УралГАХА «Архитектон», 1999.
5. Реконструкция зданий и сооружений: Учеб. пособие для студентов строительных специальностей вузов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А. Л. Шагина. – М.: Высшая школа, 1991.
6. Иванов Ю. В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт: учебное пособие для вузов / Ассоциация строительных вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2013.
7. Юдина А. Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений. – М.: Издательский центр «Академия», 2011.
8. Будников К. О. Развитие мощностей АО «Адмиралтейские верфи» для изготовления крупных блоков // Морской вестник. – 2020. – Вып. 3 (75). – С. 56–58.
9. Магамадов Х. А. Факторы, влияющие на директивные сроки проектирования объектов культурного наследия: Сер. СПб ГАСУ «Строительство». – Т. 1: Сб. ст. магистрантов и аспирантов. – Вып. 3. – С. 264–271.
10. ГОСТ Р 55528–2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования.
11. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 06.07.2019) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
12. Федеральный закон от 25.06.2002 N 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» в ред. от 18.07.2019.
13. Приказ Министерства культуры РФ от 13 января 2016 г. № 28 «Об утверждении Порядка определения предмета охраны объекта культурного наследия, включенного в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации в соответствии со статьей 64 Федерального закона от 25 июня 2002 года № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»».
14. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ (ред. от 27.12.2019).
15. Официальный сайт КГИОП – <https://kgiop.gov.spb.ru/> ■

В следующем году Морское министерство России вернулось к вопросу обустройства церкви Святого Георгия и поручило контр-адмиралу А.А. Бирилеву отправляться в Чесму и представить необходимые сведения по этому делу. Осмотрев церковь, Бирилев заключил, что «строение выглядит довольно прочным», но его нужно «обложить кирпичной кладкой, подкрепить и исправить крышу и водрузить небольшой золоченый крест». Общую смету расходов на реставрацию и ремонт Бирилев определил в 1500 рублей, и также, по его мнению, следовало заменить иконостас, например, «образами и церковной утварью с одного из старых военных судов, а позади церкви выстроить небольшую колокольню в древнегреческом стиле». А вскоре Николай II собственноручно начертал на донесении генконсула в Смирне: «Я желаю на свой счет построить часовню, поэтому прошу собрать сведения относительно необходимой суммы. Надзор за ходом постройки поручить ему же».^{**} (Курсив мой – Г.Г.)

К этому же документу приложена справка следующего содержания: «Выписка из донесения Генерального консула в Смирне от 24 июля 1899 года. №136: «Г. Фотиди доставил ящик с найденными турецкими водолазами во время работ у корабля Евстафия костями наших моряков. Около часовни Св. Георгия находится до 15 могил, в коих по преданию погребены трупы наших матросов с того корабля». Собственно Его Императорского Величества рукою начертано: «Снести с Морским Министерством насчет увековечения памяти погибших в Чесменской бухте».^{***}

Собрав максимально большее количество информации о состоянии церкви Святого Георгия в местечке Мерсенджик (близ Чесменской бухты), Морское министерство постановило:

«Для увековечения памяти погибших отремонтировать имеющую церковь и собрать под ее престолом все кости, найденные как водолазами, так и в прилегающей к церкви местности. Это возможно осуществить лишь в том случае, если бы как сама церковь [принесенная в дар Контр Адмиралу Скрудлову местными духовными властями], так и прилегающий к этой церкви виноградник [приобретенный Морским Ведомством покупкою при посредстве Генерального Консула в Смирне] были закреплены в нашем владении Турецким Правительством, вопрос о чем в настоящее время ведется Министерством Иностранных Дел».

В январе 1901 г. Николай II, очевидно, под влиянием донесений контр-адмирала А.А. Бирилева и генконсула в Смирне Л. Няги, постановил нецелесообразным строить новую часовню, а вложить собственные деньги в капитальный ремонт самой церкви Св. Георгия. Об этом решении императора уведомили письмом от 3 февраля 1901 г. под номером 265. Но поскольку архитектор Пембас, проживавший в Смирне, уже разработал чертежи проекта новой часовни, которые, однако, теперь не понадобятся, то ему

* Окончание. Начало см. «Морской вестник», 2020, №4 (76).

** РГАВМФ. Ф. 417. Оп. 4. Д. 2040. Л. 89 – 90.

*** Там же. Л. 93.

ПАМЯТИ ПОГИБШИХ МОРЯКОВ: ЦЕРКОВЬ СВЯТОГО ГЕОРГИЯ В ТУРЕЦКОЙ ЧЕСМЕ

К 250-ЛЕТИЮ СРАЖЕНИЯ ЧАСТЬ 2*

*Г.А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф. СПбГМТУ,
историограф Морского Собрания Санкт-Петербурга,
контакт. тел. (812) 312 5396*



Церковь Св. Георгия в Мерсенджике близ Чесменской бухты

решили выдать вознаграждение в размере 150 полуимпериалов.

Тем временем российский императорский посол в Константинополе И.А. Зиновьев продолжал вести переговоры с турецким руководством о юридическом праве России «как на владение церковью, так и приобретенным впоследствии соседним виноградником». Переговоры продолжались еще год. Генконсул Л. Няга доложил в МИД, что вновь ездил в церковь вместе с архитектором Пембасом, и тот категорически высказался против ремонта, от которого строение может только еще больше разрушиться. Пембас предложил все-таки построить новую часовню, для чего приложил план вместе с прилегающими постройками – домиком для сторожа, ограды вокруг, дорожки от часовни до моря и небольшого дебаркадера на берегу, «чтобы лодки могли приставать». Стоимость постройки архитектор определил в 29 215 франков (смету на французском языке он приложил), срок выполнения работ – три месяца.

Переговоры российского МИДа с турками продолжались, и наступил май 1903 г. Усилия посла И.А. Зиновьева результатов не давали, и тогда он, судя по его донесению от 29 апреля (12 мая) 1903 г., предпринял следующее: «Заручившись обещанием Вселенского Патриарха, что он будет держаться в стороне от переговоров моих с Турецким Правительством, я обратился к последнему с просьбой не об утверждении Акта уступки церкви Св. Георгия, а лишь об избавлении от уплаты таможенных пошлин материалов, которые будут предназначены для ремонта церкви. Таким образом я поставил вне спора права наши на означенный храм».

Турки по-прежнему упорствовали, и тогда посол на очередной встрече с министром иностранных дел и великим визирем высказал решительное «неудовольствие



Освещение часовни церкви Св. Георгия, 1903 г.



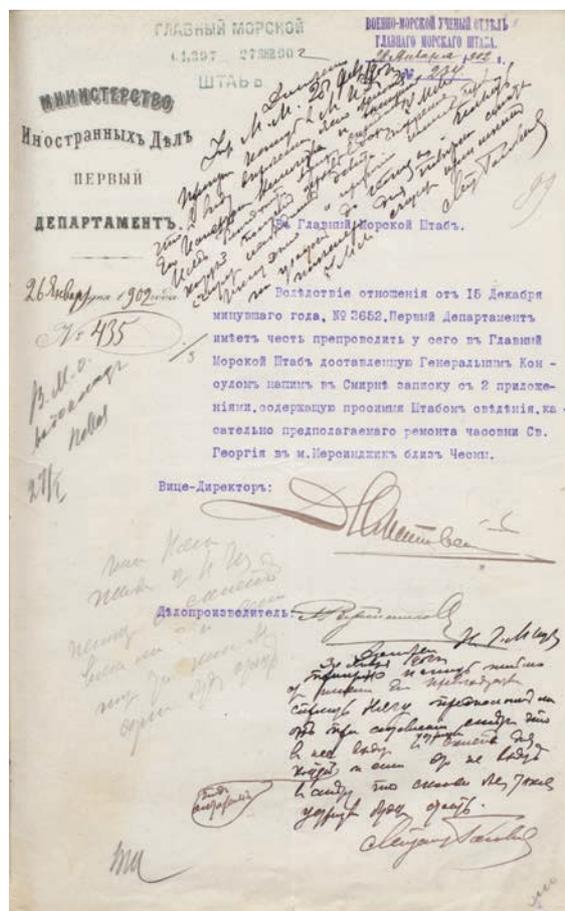
Церковь Св. Георгия, 1914 г.

по поводу того, что Турецкое Правительство создает нам затруднения из-за дела, не представляющего большой важности, тогда как со стороны Императорского Правительства принимаются всевозможные меры к облегчению положения Турции при настоящих трудных обстоятельствах». Другими словами, И.А. Зиновьев крепко «прижал» турок, напомнив о неблагоприятном положении Османской империи, и в итоге как посол доложил в депеше от 7 мая, что «внушение возымело надлежащее действие, и в силу Ирадэ Султана разрешается беспопытный ввоз материалов и предметов, необходимых для исправления часовни Св. Георгия, подаренной местною православною общиною Адмиралу Скрыдлову. Таким образом, факт перехода церкви во владение названного Адмирала освещается султанским ирадэ».* (Курсив мой – Г.Г.) Российская дипломатия добилась закрепления церкви за Россией.

15 июля 1903 г. И.А. Зиновьев направил в МИД очередную депешу с предложением полностью перестроить церковь, на которой Николай II наложил резолюцию: «ЛУЧШЕ ПЕРЕСТРОИТЬ». После утверждения императором проекта строительства новой часовни на месте старой начались работы, за производством которых наблюдал командир канонерской лодки, стоявшей в Чесменской бухте. Строительство часовни завершилось в 1904 г., и с того времени русская канонерская лодка – по согласованию с турецким руководством – постоянно находилась в Чесме. В декабре 1913 г. моряки с канонерской лодки «Терек» поставили на кладбище памятник погибшим офицерам и нижним чинам корабля «Святого Евстафия» 24 июня 1770 г.

Как докладывал командир лодки в 1914 г., до начала Первой мировой войны «по обеим сторонам входа в церковь помещены мраморные доски, из коих на одной значится «ПАМЯТИ ГЕРОЕВ ЧЕСМЫ», а на другой – «ХРАМ СЕЙ ВО ИМЯ СЯГОГО ГЕОРГИЯ ВОЗБНОВЛЕН ПОВЕЛЕНИЕМ ГОСУДАря ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II В 1904 ГОДУ». Консулом в Смирне в январе во время пребывания в Чесме крейсера «Богатырь» впереди памятника положена мраморная плита, на которой высечена надпись: «Здесь покоится прах офицеров и нижних чинов корабля Святой Евстафий, павших в Чесмен-

* Там же. Л. 120 – 122.



Отношение Министерства Иностранных дел России в Главный Морской Штаб о предполагаемом ремонте часовни Св. Георгия в Чесме. 26 января 1902 г.

ском бою 24-го июня 1770 г. Чесма. 15 января 1914 года». Кроме того, мною заказана в Смирне доска, которая будет укрепена на самом кресте с надписью: «За веру, Царя и Отечество живот положившим. Офицеров 38, нижних чинов 598 человек».** ■

** 14 РГАВМФ. Ф. 417. Оп. 4. Д. 4378.

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 621.165+629.562 **Ключевые слова:** ОСК, рыболовное судно, рыболовецкий траулер, ярусов, строительство

А.Л. Рахманов. Возрождение отечественного рыбопромыслового флота на верфях Объединенной судостроительной корпорации//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 1.

Подробно рассказано о возрождении рыболовного флота России на верфях Объединенной судостроительной корпорации. Ил.7.

УДК 629.5:621.039 **Ключевые слова:** Северное ПКБ, проектирование, модернизация, фрегат, противолодочный корабль, эскадренный миноносец, пограничный корабль

А.А. Дьячков. Северному ПКБ – 75 лет//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 8.

Знакомит с историей создания Северного ПКБ, которому в апреле исполняется 75 лет, его знаковыми работами – проектами кораблей, составивших основу не только ВМФ России, но и ВМС таких стран, как Индия и Китай. Ил.10.

УДК 629.123 **Ключевые слова:** модульность, контейнеризованное вооружение, роботизация, безэкипажность, сетевая цифровизация, электродвижение

А.В. Шляхтенко, И.Г. Захаров. Новые тенденции в развитии боевых надводных кораблей//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 13

Развитие надводных боевых кораблей основных классов в период минувшего десятилетия. Даны тенденции их развития – расширение круга решаемых задач, увеличение автономности и мореходности, внедрение модульности и контейнеризованного вооружения, роботизация и безэкипажность, сетевая цифровизация и электродвижение. Т. 1. Ил.7.

УДК 656.612.2 **Ключевые слова:** инфраструктура, арктическая зона, комплексный проект, транспортно-логистическая система, автономный комплекс обеспечения

И.В. Щербаков, А.В. Сердечный, А.Б. Крестьянцев, О.В. Таровик. Перспективы обеспечения комплексных инфраструктурных проектов в арктической зоне России и способы их расчета//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 21

Рассмотрены вопросы логистического обеспечения арктических проектов, таких как освоение месторождений, создание портов и береговых сооружений. Решить задачи снабжения предлагается за счет применения инновационной транспортно-логистической системы с использованием автономных комплексов обеспечения. Ил.6.

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** речное пассажирское судно, речной круиз, анализ, проектирование, классификация

А.Г. Егоров. Речные круизные суда КНР: исследование применяемых технических решений и особенностей круизов//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 25

Выполнено исследование китайского рынка речных круизов, выделены особенности круизов, определены основные круизные компании, проанализированы требования к проектированию и постройке речных круизных судов. Ил.13. Библиогр. 31 назв.

УДК 629.128 **Ключевые слова:** укладка подводных трубопроводов, несамостоятельные баржи-трубоукладчики, полупогружные трубоукладочные установки, суда для укладки гибких трубопроводов, S- и J-образные укладки, стингеры, вертикальные рампы

Р.Н. Караев. Плавающие трубоукладочные сооружения. Часть 1//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 31

Отмечается роль подводных трубопроводов на этапе обустройства нефтегазового месторождения. Рассмотрены классификация плавающих трубоукладочных плавающих средств и технические требования, предъявляемые к ним. Проанализированы архитектурно-конструктивное оформление и особенности эксплуатации трубоукладочных плавающих средств, предназначенных для укладки внутри промысловых и магистральных трубопроводов с использованием жестких (стальных) и гибких (термопластичных) труб. Ил.8. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.563.82 **Ключевые слова:** речные малотоннажные газозовы, танки типа С, MAWP, DNVGL, CCS, IGC

А.Ю. Баранов, Л.В. Иванов, Е.В. Соколова. Методика оценочного проектирования систем хранения груза малотоннажных судов-газовозов//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 38

Изложена упрощенная методика проектирования систем хранения сжиженного природного газа (СПГ) малотоннажных судов. Методика позволяет определить суммарный объем перевозимого СПГ, количество и объем криогенных емкостей и их конструктивные параметры. В качестве примера реализации методики приведен расчет емкостного оборудования для модернизации танкера «Леннефть» пр. 621 под транспортирование СПГ. Ил.7. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.122 **Ключевые слова:** маломерное судно, шум моторной лодки, скоростное судно, подвесной лодочный мотор

М.Н. Покусаев, К.Е. Хмельницкий, А.А. Хмельницкая, Д.А. Климов. Зависимость уровня шума маломерного судна от его скорости//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 41

Рассмотрены результаты экспериментов по измерению шума маломерного судна типа «Ожанка-2» с подвесным лодочным мотором «Mercury 30». Был измерен средний уровень шума при различной скорости движения судна, включая максимальный режим на глиссировании до 40 км/ч. Экспериментально было установлено, что шум весьма значителен, средний уровень превышает рекомендуемый санитарный. Сегодня шум никак не регламентируется. Для снижения шума требуется комплексный подход. Т. 3. Ил.2. Библиогр. 11 назв.

УДК 532.5:001.5 **Ключевые слова:** тензорное исчисление, математический аппарат, механики жидкости и газа, теория турбулентности

Ш.Г. Алиев, В.А. Павловский. Тензорный взгляд на задачи гидродинамики. Часть 2//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 44

Тензорное исчисление – мощный математический аппарат при изложении фундаментальных вопросов механики жидкости и газа. Показано применение тензорного исчисления для анализа структур новых реологических соотношений и уравнений, построение которых является актуальной проблемой, особенно в теории турбулентности. Применяемый математический аппарат позволяет обеспечить компактность записи аналитических выражений, прозрачность выкладок и дает возможность четко увидеть физический смысл в тех или иных тензорных выражениях. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.124 **Ключевые слова:** ледовая ходкость, судно ледового плавания, сплошной лёд, геометрия носовых обводов, ледовое сопротивление, вычислительный эксперимент, геометрические функции

Е.М. Грамузов, Б.П. Ионов, М.Ю. Сандаков, Н.Е. Тихонова. Оценка влияния формы носовой оконечности судна ледового плавания на ходкость во льду//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 46

Геометрия носовой оконечности судна ледового плавания определяет его ледовую ходкость. Авторами показана зависимость ледового сопротивления от углов наклона форштевя и притыкания конструктивной ватерлинии к диаметральной плоскости корпуса судна. Сделана попытка аналитического описания формы корпуса с помощью углов нормалей и касательных, характеризующих форму обводов корпуса в некоторой точке судовой поверхности. В ходе исследований был проведен вычислительный эксперимент и получены качественные и количественные зависимости ледового сопротивления от углов носовой оконечности. Ил.5. Библиогр. 8 назв.

УДК 66.063 **Ключевые слова:** хранение, окраска, очистка и окраска, лакокрасочный материал (ЛКМ), легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ), модернизация

С.Г. Филимонов. Современная система хранения и смешивания лакокрасочных материалов и легковоспламеняющихся жидкостей 2.0//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 51

Рассмотрена современная система хранения лакокрасочных материалов и прочих легковоспламеняющихся жидкостей с обеспечением экологической и промышленной безопасности, которая может быть применена на судостроительных заводах и промышленных предприятиях РФ. Ил.1.

УДК 004.94:629.5.081.4.002.56 **Ключевые слова:** виртуальная сборка, сканер, облако точек, трехмерная модель, СКО, сборочная единица, алгоритм обработки данных, проектируемый контур

Е.В. Кипреев, К.В. Цветков, О.В. Сыркова. Условия использования результатов лазерного сканирования для виртуальной контрольной сборки изделий//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 53

Рассмотрены вопросы использования виртуальных технологий при выполнении измерительных задач в процессе сборки объектов в судостроении посредством сравнения данных лазерного сканирования и трехмерных теоретических моделей всех сопрягаемых элементов. Анализ собираемости изделия производится на основании расчета отклонений и величины зазора в контрольных точках между смежными поверхностями двух сопрягаемых элементов. Проанализированы условия, необходимые, по мнению авторов, для использования результатов лазерного сканирования сборочных единиц при виртуальной контрольной сборке изделия. Т. 1. Ил.10. Библиогр. 2 назв.

УДК 550.822 **Ключевые слова:** глубоководные буровые установки, погружной буровой комплекс,

П.П. Селюта, К.С. Скулябин. Опыт разработки бурового станка погружного бурового комплекса//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 61

Рассмотрены современные глубоководные буровые установки. Раскрыты особенности конструкции бурового станка, последовательность бурения с использованием погружного бурового комплекса. Ил.7. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.833:621.83.053 **Ключевые слова:** зубчатые передачи, цилиндрические зубчатые венцы, стенд для оценки качества зубчатых передач, метод выгеба

В.А. Зинков, В.М. Медунецкий. Универсальный стенд для оценки качества зубчатых передач//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 65

Проведен анализ современных стендов отечественного и иностранного производства для измерения технических параметров зубчатых передач. Предложена новая конструкция универсального стенда для оценки качества ци-

линдрических зубчатых передач. Описан принцип работы этого стэнда, приведена его схема, а также перечислены основные задачи и возможности его использования. Ил.2. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.175.43 **Ключевые слова:** конденсатор, турбина, трубный пучок, пар, конденсация, овальность, закрутка, скорость пара, теплообмен

О.О. Лебедев. Анализ теплового взаимодействия сред при проектировании винтового конденсатора паровой турбины//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 68

Конденсация пара – сложный процесс взаимодействия между собой нескольких сред с изменением их фазового состояния. Определенные геометрические характеристики трубного пучка оказывают влияние на составляющие величины количества теплоты, отводимой конденсатором, и оптимальность конденсатора в целом. Для определения оптимальной конфигурации трубного пучка винтового конденсатора с помощью САПР необходимо выявить степень влияния его геометрических характеристик на процесс конденсации пара. Т. 1. Ил.2. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.396.67 **Ключевые слова:** главная цель ордера, группа управляемых снарядов (УС), внешний источник информации, оптимальное распределение УС, метод динамического программирования, стратегия коллективного поиска

Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подоплѣкин, О.Г. Мальцев. Организация поиска главной цели в ордере по данным от внешнего источника информации при групповом применении управляемых снарядов//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 71

Исследована стратегия коллективного поиска целей ордера при групповом применении управляемых снарядов (УС), обеспечивающая преимущественное обнаружение главной цели. Стратегия основана на использовании результатов достартового распределения УС по целям ордера. Приведены числовые примеры сравнительной оценки эффективности обнаружения главной цели при организации ее поиска в соответствии с разработанной стратегией. Ил.2. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.039 **Ключевые слова:** система управления ядерной энергетической установкой, паропроизводящая установка, паротурбинная установка, комплексная система управления, технические средства, система управления и защиты, параметр, автоматизированный режим, эксплуатация, испытания, алгоритм, интегрированная система, система обмена данными

К.Ю. Шилков. К вопросу о путях оптимизации структур систем управления корабельными техническими средствами. Взгляд разработчика//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 77

Изложены взгляды автора на место и статус СУ ЯЭУ в составе комплексной системы управления корабельными техническими средствами. Показана взаимосвязь и взаимозависимость отдельных видов технических средств и систем управления ими в эксплуатационных режимах. Основывается на конкретных примерах невозможность вычленения из комплексной системы управления отдельных систем и, в том числе системы управления ЯЭУ. Дана характеристика современной КСУ ТС как единому интегрированному управляющему комплексу. Подчеркнуто, что дробление интегрированных систем управления противоречит логике развития средств автоматизации и мировым тенденциям. Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

УДК 627.728 **Ключевые слова:** морские услуги, портфолио морских сервисов, морская коммуникационная платформа, международные морские организации, международные стандарты, единая платформа цифровых сервисов, Северный морской путь

В.В. Ефимов, Д.Ю. Сарычев. Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути: принципы, стандарты и предложения//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 80

Исследована динамика упругого объекта при движении его основания в горизонтальной плоскости по дуге окружности. Используются два типа конструируемых управлений (разгон–торможение), обеспечивающих достижение состояния абсолютного покоя упругого объекта в конце

движения. Оценено влияние центробежной силы инерции на колебание объекта в процессе движения; показано, что при используемых управлениях учет центробежной силы не влияет на обеспечение абсолютного покоя при достижении конечного положения объекта. Т. 1. Ил.2. Библиогр.10 назв.

УДК 623 **Ключевые слова:** объекты специальной и социальной инфраструктуры, защита от угроз безопасности, жизнеобеспечение, комплексы безопасности, методика, рациональное построение

И.О. Прутичков, В.В. Камлюк, Д.В. Сизько. Методика оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности автономных нестационарных объектов специальной и социальной инфраструктуры//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 88

Рассмотрена методика оценки технического уровня и выбора рационального облика систем комплексной защиты от угроз безопасности автономных нестационарных объектов специальной и социальной инфраструктуры, разработанная с использованием метода анализа иерархий. Ил.4. Библиогр.7 назв.

УДК 004.056.53 **Ключевые слова:** информационная безопасность, критическая информационная структура, компьютерные атаки, промышленные предприятия

В.Г. Ерышов, Р.Д. Куликов. Моделирование процесса защиты объектов критической информационной структуры промышленных предприятий от компьютерных атак//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 91

Приведено описание разработанной имитационной модели процесса защиты информационной структуры от компьютерных атак в информационных системах предприятия при помощи системы имитационного моделирования «AnyLogic». Модель разрабатывалась в рамках мероприятий по повышению эффективности комплексной системы информационной безопасности в АО «Армалит». Ил.7. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.039.58 **Ключевые слова:** аварийная ситуация, подготовка операторов, информационная поддержка тренеров, синтез технологического логико-вероятностного моделирования, ДРАКОН-схема

Г.А. Ершов, А.Б. Серебряков, Д.В. Быков, А.В. Белов, А.А. Горшков. О совершенствовании систем информационной поддержки тренеров по подготовке операторов корабельных ЯЭУ на основе логико-вероятностных методов и ДРАКОН-схем//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 97

В статье представлен новый подход к развитию современных СИП тренеров подготовки операторов корабельных ЯЭУ на основе синтеза технологического логико-вероятностного моделирования аварийных ситуаций и ДРАКОН метода построения алгоритмов действий операторов корабельных ЯЭУ в аварийных ситуациях. Т. 2. Ил.4. Библиогр. 5 назв.

УДК 623.4.01 **Ключевые слова:** система подводного наблюдения, элемент, размещение, алгоритм, мониторинг, многосвязанный ортогональный полигон

В.В. Конохов, Ю.Л. Сиек. Алгоритм размещения элементов системы подводного наблюдения//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 101

В статье рассмотрен алгоритм размещения сенсоров и сетевых шлюзов системы подводного наблюдения (СПН) на дне заданной морской акватории. Одной из основных задач СПН является создание непрерывно действующих систем мониторинга экологической безопасности морской среды. Алгоритм размещения элементов сети основан на решения задачи геометрического покрытия формируемого многосвязанного ортогонального полигона. Предложенный алгоритм позволяет успешно решать задачи позиционирования сетевых систем подводного наблюдения различного назначения. Ил.9. Библиогр. 14 назв.

УДК 614.844 **Ключевые слова:** пожарная безопасность, системы обнаружения пожара, системы обнаружения утечек газа, пожарогазовая сигнализация, пожарные извещатели, мультипараметрические извещатели

В.С. Кожевников, А.В. Лоскутов. Вопросы пожарной безопасности – первостепенное внимание//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 107

Представлен краткий обзор систем обнаружения пожара и утечек газа, устройств и интерфейсов, используемых АО «МНС» как официального дистрибьютора компании Autronica Fire and Security, при выполнении работ по пожарной безопасности систем управления и визуального наблюдения, систем оповещения людей о пожаре, системы аварийного освещения и системы пожаротушения. Ил.17. Библиогр. 1 назв.

УДК 623.82 **Ключевые слова:** аварийно-спасательная служба, аварийно-спасательное дело, аварийно-спасательные работы, водолазные работы, подводная лодка, поисково-спасательное обеспечение, спасательное судно, спасание, судоподъем

В.Н. Илюхин. О развитии Аварийно-спасательной службы ВМФ (К 100-летию со дня создания)//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 112

Рассмотрены основные этапы развития аварийно-спасательной службы ВМФ за 100-летний период ее деятельности. Сформулированы основные факторы, повлиявшие на развитие АСС ВМФ на каждом историческом этапе, в том числе обозначены место и роль АСС ВМФ в системе органов военного управления ВМФ, требования к системе ПСО ВМФ, достижения науки и техники. Определены особенности и тенденции развития судов АСС. Перечислены наиболее значимые аварийно-спасательные и судоподъемные работы АСС ВМФ. Сделаны выводы о дальнейшем развитии АСС ВМФ. Т. 4. Ил.12. Библиогр.16 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** линкор «Новороссийск», репарации, приемка, Л.А. Руднев

Б.А. Барбанель, В.Н. Половинкин, С.В. Федулов, М.А. Орлов. Линкор «Новороссийск» («Джулио Чезаре») и его приемка//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 120

Напоминание о пополнении советского ВМФ после окончания Второй мировой войны кораблями, полученным по репарации. Среди них линкор «Новороссийск» (бывший итальянский линкор «Джулио Чезаре») оказался наиболее сложным в техническом отношении, что требовало умения от приемочной комиссии, которую возглавил тогда инженер-капитан Л.А. Руднев. Ил. 3. Библиогр.18 назв.

УДК 658.512 **Ключевые слова:** объект культурного наследия (ОКН), реконструкция, элементы охраны ОКН, поэтажное зонирование помещений, эксплуатационная нагрузка, полезная площадь помещений

А.В. Михайлов, И.А. Алексеев, И.А. Кошевой. Организация реконструкции объекта культурного наследия, входящего в состав АО «Адмиралтейские верфи»//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 122

Рассмотрены планы реконструкции объекта культурного наследия (ОКН) – дома Берда, приведены результаты исследования и проектирования ОКН, согласования проектной документации с КГИОП Санкт-Петербурга. Описана технология проведения строительных работ, результатом которых будет увеличение рабочей площади помещений для отдела строителей надводных кораблей и судов на 15–19%. Ил. 1. Библиогр. 15 назв.

УДК 355 (359) **Ключевые слова:** Россия и Турция, Чесменское сражение, церковь Святого Георгия, роль российского МИД, память павших моряков.

Г.А. Гребенщикова. Памяти погибших моряков: церковь Святого Георгия в турецкой Чесме. К 250-летию сражения. Часть 2//Морской вестник. 2021. № 1 (77). С. 125

В статье с привлечением новых архивных документов рассматриваются события, связанные с важнейшим этапом в военно-морской и государственной жизни России – сражением русского флота с турецким в Хиосском проливе и в бухте Чесма в июне 1770 года. Прослежена временная связь между теми героическими и трагическими событиями и концом XIX – начала XX века, когда в турецкой бухте Чесма (Чешма) в честь павших в сражении император Николай II распорядился построить часовню Святого Георгия. Подчеркивается роль российского МИД в этом процессе. Благодаря архивным документам стало известно точное количество погибших русских моряков на корабле «Святой Евстафий». Ил. 4.

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.

ABSTRACTS

UDC 621.165+ 629.562 **Keywords:** USC, fishing vessel, fishing trawler, longliner, construction

A.L. Rakhmanov. Revival of the domestic fishing fleet at the shipyards of the United Shipbuilding Corporation//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.1.

The revival of the Russian fishing fleet at the shipyards of the United Shipbuilding Corporation is described in detail. Fig.7.

UDC 629.5: 621.039 **Keywords:**SevernoeDB,design,modernization,frigate, anti-submarine ship, destroyer, coast guard ship

A.A. Diachkov. Severnoe DB is 75 years old//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.8.

Introduces the history of the creation of the Severnoe DB, which turns 75 in April, its landmark works – the projects of ships that formed the basis of not only the Russian Navy, but also the navies of countries such as India and China. Fig. 10.

UDC 629.123 **Keywords:** modularity, containerized weapons, robotization, crewlessness, network digitalization, electric propulsion

A.V. Shlyakhtenko, I.G. Zakharov. New trends in the development of surface warships//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.13

Development of surface warships of the main classes in the period of the past decade. Trends in their development are given – expanding the range of tasks to be solved, increasing autonomy and seaworthiness, introducing modularity and contained weapons, robotization and crewlessness, network digitalization and electric propulsion. T.1. Fig.7.

UDC 656.612.2 **Keywords:** infrastructure, arctic zone, complex project, transport and logistics system, autonomous support complex

I.V. Scherbakov, A.V. Serdechny, A.B. Krest'yantsev, O.V. Tarovik. Prospects for providing complex infrastructure projects in the Arctic zone of Russia and methods of their calculation//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.21

The issues of logistic support of Arctic projects, such as the development of deposits, the creation of ports and coastal facilities, are considered. It is proposed to solve supply problems through the use of an innovative transport and logistics system using autonomous supply systems. Fig.6.

UDC 629.5.01 **Keywords:** river passenger ship, river cruise, analysis, design, classification

A.G. Egorov. China river cruise ships: research of applied technical solutions and cruises' features//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.25

Study of the Chinese river cruise market has been carried out, features of cruises were highlighted, main cruise companies were defined and requirements to design and construction of river cruise ships were analyzed. Fig.13. Bibliography 31 titles.

UDC 629.128 **Keywords:** laying of underwater pipelines, non-self-propelled pipe-laying barges, semi-submersible pipe-laying plants, vessels for laying flexible pipelines, S- and J-shaped laying, stingers, vertical ramps

R.N. Karaev. Floating pipe-laying structures. Part 1//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.31

The role of underwater pipelines at the stage of development of an oil and gas field is noted. The classification of floating pipe-laying vessels and technical requirements for them are considered. The article analyzes the architectural and structural design and features of the operation of pipe-laying vessels intended for laying inside the field and main pipelines using rigid (steel) and flexible (thermoplastic) pipes. Fig.8. Bibliography 3 titles.

UDC 629.563.8 **Keywords:** river low-tonnage gas carriers, tanks of type C, MAWP, DNVGL, CCS, IGC

A.Yu. Baranov, L.V. Ivanov, E.V. Sokolov. Methodology for evaluative design of cargo storage systems for small-tonnage gas carriers//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.38

A simplified methodology for designing liquefied natural gas (LNG) storage systems for small vessels is presented. The methodology makes it possible to determine the total volume of transported LNG, the number and volume of cryogenic tanks and their design parameters. As an example of the implementation of the methodology, the calculation of the capacitive equipment for the modernization of the pr. 621 Lenaneft tanker for the transportation of LNG is given. Fig.7. Bibliography 9 titles.

UDC 629.122 **Keywords:** small boat, noise of a motor boat, high-speed boat, outboard motor

M.N. Pokusaev, K.E. Khmel'nitsky, A.A. Khmel'nitskaya, D.A. Klimov. Dependence of the noise level of a small vessel on its speed//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.41

The results of experiments on measuring the noise of a «Yuzhanka-2» small vessel with an outboard motor «Mercury 30» are considered. The average noise level was measured at various speeds of the vessel, including the maximum mode on planing up to 40 km/h. It was experimentally found that the noise is very significant, the average level exceeds the recommended sanitary. Today, noise is not regulated in any way. A comprehensive approach is required to reduce noise. T.3. Fig. 2. Bibliography 11 titles.

UDC 532.5: 001.5 **Keywords:** tensor calculus, mathematical apparatus, fluid and gas mechanics, theory of turbulence

Sh. G. Aliev, V.A. Pavlovsky. A tensor view of the problems of hydrodynamics. Part 2//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.44

Tensor calculus is a powerful mathematical apparatus for presenting fundamental questions of fluid and gas mechanics. The application of tensor calculus for the analysis of structures of new rheological relations and equations is shown, the construction of which is an urgent problem, especially in the theory of turbulence. The applied mathematical apparatus makes it possible to ensure the compactness of the recording of analytical expressions, the transparency of the calculations, and makes it possible to clearly see the physical meaning in certain tensor expressions. Bibliography 9 titles.

UDC 629.124 **Keywords:** ice speed, ice navigation vessel, solid ice, bow geometry, ice resistance, computational experiment, geometric functions

E.M. Gramuzov, B. P. Ionov, M.Yu. Sandakov, N.E. Tikhonova. Assessment of the influence of the shape of the bow of an ice-going vessel on the ice performance//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.46

The geometry of the bow of an ice-going vessel determines its ice performance. The authors show the dependence of ice resistance on the angles of inclination of the stem and the abutment of the structural waterline to the diametrical plane of the ship's hull. An attempt is made to analytically describe the shape of the hull using the angles of the normals and tangents that characterize the shape of the hull contours at a certain point on the ship's surface. In the course of the research, a computational experiment was carried out and the qualitative and quantitative dependences of the ice resistance on the angles of the bow tip were obtained. Fig.5. Bibliography 8 titles.

UDC 66.063 **Keywords:** storage, painting, cleaning and painting, paint and varnish material (LKM), flammable liquid (FL), modernization

S.G. Filimonov. Modern storage and mixing system for paints and varnishes and flammable liquids 2.0//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.51

A modern storage system for paints and varnishes and other flammable liquids with ensuring environmental and industrial safety, which can be used at shipyards and industrial enterprises of the Russian Federation, is considered. Fig.1.

UDC 004.94: 629.5.081.4.002.56 **Keywords:** virtual assembly, scanner, point cloud, three-dimensional model, standard deviation, assembly unit, data processing algorithm, projected contour

E.V. Kipreev, K.V. Tsvetkov, O.V. Syrkova. Conditions for using the results of laser scanning for virtual control assembly of products//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.53

The article deals with the use of virtual technologies when performing measuring tasks in the process of assembling objects in shipbuilding by comparing laser scanning data and three-dimensional theoretical models of all mating elements. The analysis of product assembly is made on the basis of calculating the deviations and the size of the gap at the control points between the adjacent surfaces of the two mating elements. The conditions are analyzed, which, according to the authors, are necessary for the use of the results of laser scanning of assembly units during a virtual control assembly of a product. T. 1. Fig.10. Bibliography 2 titles.

UDC 550.822 **Keywords:** deep-water drilling rigs, submersible drilling complex,

P.P. Seluta, K.S. Skulyabin. Experience in the development of submersible drilling rig drilling//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.61

Modern deep-sea drilling rigs are considered. The features of the design of the drilling rig, the sequence of drilling with the use of a submersible drilling complex are disclosed. Fig.7. Bibliography 6 titles.

UDC 621.833: 621.83.053 **Keywords:** gear drives, spur gear rims, stand for assessing the quality of gear drives, run-out method

V.A. Zinkov, V.M. Medunetsky. Universal stand for assessing the quality of gears//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.65

The analysis of modern stands of domestic and foreign production for measuring the technical parameters of gears is carried out. A new design of a universal stand for evaluating the quality of spur gears has been proposed.

The principle of operation of this stand is described, its diagram is given, and the main tasks and possibilities of its use are listed. Fig.2. Bibliography 4 titles.

UDC 621.175.43 **Keywords:** condenser, turbine, tube bundle, steam, condensation, ovality, swirling, steam velocity, heat exchange

O.O. Lebedev. Analysis of the thermal interaction of media in the design of a screw condenser of a steam turbine//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.68

Vapor condensation is a complex process of interaction between several media with a change in their phase state. Certain geometric characteristics of the tube bundle affect the components of the amount of heat removed by the condenser and the optimality of the condenser as a whole. To determine the optimal configuration of a tube bundle of a screw condenser using CAD, it is necessary to identify the degree of influence of its geometric characteristics on the process of steam condensation. T.1. Fig.2. Bibliography 5 titles.

UDC 621.396.67 **Keywords:** the main goal of the order, a group of guided projectiles (CA), an external source of information, the optimal distribution of the CA, a method of dynamic programming, a collective search strategy

G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin, O.G. Mal'tsev. Search organizing of a main target in grouping according to data from an external information source on multiple application of a controllable projectiles//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.71

A collective search strategy of a grouping targets on multiple application of a controllable projectiles (CP), providing the advantaged detection of a main target is investigated. The strategy based on using of the results of before launching distribution of a CP on grouping targets. The numerical examples of the comparative estimation of the detection efficiency of a main target when organizing of its search in accordance with the developed strategy are provided. Fig.2. Bibliography 11 titles.

UDC 621.039 **Keywords:** nuclear power plant control system, steam generating plant, steam turbine plant, integrated control system, technical means, control and protection system, parameter, automated mode, operation, testing, algorithm, integrated system, data exchange system

K.Yu. Shilov. On the issue of ways to optimize the structures of control systems for ship technical means. Developer's view//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.77

The author's views on the place and status of the nuclear power plant control system as part of an integrated control system for shipboard hardware are presented. The interrelation and interdependence of certain types of technical means and their control systems in operating modes is shown. It is based on specific examples of the impossibility of isolating individual systems from the integrated control system, including the nuclear power plant control system. The characteristic of the modern KSU TS as a single integrated control complex is given. It is emphasized that the fragmentation of integrated control systems is contrary to the logic of the development of automation tools and global trends. Fig.3. Bibliography 3 titles.

UDC 627.728 **Keywords:** maritime services, portfolio of maritime services, maritime communication platform, international maritime organizations, international standards, unified digital services platform, Northern Sea Route

V.V. Efimov, D.Yu. Sarychev. A unified platform for digital services of the Northern Sea Route: principles, standards and proposals//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.80

The dynamics of an elastic object is investigated when its base moves in a horizontal plane along an arc of a circle. Two types of constructed controls (acceleration – deceleration) are used, which ensure the achievement of the state of absolute rest of an elastic object at the end of motion. The influence of the centrifugal force of inertia on the vibration of an object in the process of movement is es-

timated; it is shown that, with the controls used, taking into account the centrifugal force does not affect the provision of absolute rest when the final position of the object is reached. Vol.1. Fig.2. Bibliography 10 titles.

UDC 623 **Keywords:** objects of special and social infrastructure, protection against security threats, life support, security complexes, methodology, rational construction

I.O. Prutchikov, V.V. Kamlyuk, D.V. Siz'ko. Methodology for assessing the technical level and choosing the rational appearance of integrated protection systems against threats to the safety of autonomous non-stationary objects of special and social infrastructure//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.88

The article considers the methodology for assessing the technical level and choosing the rational appearance of integrated protection systems against security threats for autonomous non-stationary objects of special and social infrastructure, developed using the method of hierarchy analysis. Fig.4. Bibliography 7 titles.

UDC 004.056.53 **Keywords:** information security, critical information structure, computer attacks, industrial enterprises

V.G. Eryshov, R.D. Kulikov. Modeling the process of protecting objects of the critical information structure of industrial enterprises from computer attacks//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.91

The description of the developed simulation model of the process of information protection of critical information structure objects from computer attacks in enterprise information systems using the «AnyLogic» simulation system is given. The model was developed as part of measures to improve the efficiency of the integrated information security system at Armalit JSC. Fig.7. Bibliography 3 titles.

UDC 621.039.58 **Keywords:** emergency, operator training, information support for simulators, synthesis of logic-probabilistic modeling technologies, DRAGON-scheme

G.A. Ershov, A.B. Serebryakov, D.V. Bykov, A.V. Belov, A.A. Gorshkov. On the improvement of information support systems for training simulators for shipboard nuclear power plant operators based on logical-probabilistic methods and DRAGON-schemes//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.97

The article presents a new approach to the development of modern SIP simulators for training operators of shipborne nuclear power plants based on the synthesis of technologies for logical-probabilistic modeling of emergency situations and the DRAGON method for constructing algorithms for actions of operators of shipborne nuclear power plants in emergency situations. T.2. Fig.4. Bibliography 5 titles.

UDC 623.4.01 **Keywords:** underwater observation system, element, placement, algorithm, monitoring, multi-connected orthogonal polygon

V.V. Konyukhov, Yu.L. Siek. Algorithm for placing elements of the underwater observation system//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.101

The article discusses an algorithm for placing sensors and network gateways of an underwater surveillance system (SPN) at the bottom of a given sea area. One of the main tasks of the SPN is the creation of continuously operating systems for monitoring the ecological safety of the marine environment. The algorithm for placing network elements is based on solving the problem of geometric coverage of the formed multiply connected orthogonal polygon. The proposed algorithm makes it possible to successfully solve the problems of positioning network systems of underwater observation for various purposes. Fig.9. Bibliography 14 titles.

UDC 614.844 **Keywords:** fire safety, fire detection systems, gas leak detection systems, fire and gas alarms, fire detectors, multi-parameter detectors

V.S. Kozhevnikov, A.V. Loskutov. Fire safety issues are of paramount importance//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.107

A brief overview of fire and gas leak detection systems, devices and interfaces used by MNS JSC as an official distributor of Autronica Fire and Security, when performing work on fire safety of control and visual observation systems, fire warning systems, emergency lighting systems and fire extinguishing systems. Fig.17. Bibliography 1 title.

UDC 623.82 **Keywords:** rescue service, rescue business, rescue operations, diving operations, submarine, search and rescue support, rescue vessel, rescue, ship lifting

V.N. Ilyukhin. On the development of the Emergency Rescue Service of the Navy (To the 100th anniversary of its creation)//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.112

The main stages of the development of the emergency rescue service of the Russian Navy over the 100-year period of its activity are considered. The main factors that influenced the development of the Navy's ASS at each historical stage are formulated, including the place and role of the Navy's ASS in the system of military command and control of the Navy, the requirements for the Navy's PSO system, the achievements of science and technology. The features and trends in the development of ASS vessels have been determined. The most significant emergency rescue and ship-lifting operations of the Navy's ASS are listed. Conclusions are made about the further development of the Navy's ASS. T.4. Fig.12. Bibliography 16 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** battleship «Novorossiysk», reparations, acceptance, L.A. Rudnev

B.A. Barbanel, V.N. Polovinkin, S.V. Fedulov, M.A. Orlov. Battleship «Novorossiysk» («Giulio Cesare») and its acceptance//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.120

Reminder of the replenishment of the Soviet Navy after the end of the Second World War with ships obtained through reparations. Among them, the battleship «Novorossiysk» (the former Italian battleship «Giulio Cesare») turned out to be the most difficult technically, which required skill from the acceptance committee, which was then headed by engineer-captain L.A. Rudnev. Fig.3. Bibliography 18 titles.

UDC 658.512 **Keywords:** cultural heritage object (OKN), reconstruction, elements of protection of the OKN, floor zoning of premises, operational load, usable area of premises

A.V. Mikhailov, I.A. Alekseev, I.A. Koshevoy. Organization of reconstruction of a cultural heritage site, which is part of Admiralty shipyards JSC//Morskoy Vestnik. 2021. № 1 (77). P.122

The plans for the reconstruction of the cultural heritage object (OKN) – the Berd house were considered, the results of the study and design of the OKN, the approval of the design documentation with the KGOP of St. Petersburg are presented. The technology of construction work is described, the result of which will be an increase in the working area of premises for the department of builders of surface ships and vessels by 15–19%. Fig.1. Bibliography 15 titles.

UDC 355 (359) **Keywords:** Russia and Turkey, the Battle of Chesme, the Church of St. George, the role of the Russian Foreign Ministry, the memory of the fallen sailors.

G.A. Grebenshchikova. In memory of the lost sailors: the Church of St. George in Turkish Chesme. To the 250th anniversary of the battle. Part 2//Marine Bulletin. 2021. № 1 (77). P.125

The article, using new archival documents, examines the events associated with the most important stage in the naval and state life of Russia – the battle of the Russian fleet with the Turkish in the Chios Strait and in the Chesma Bay in June 1770. The temporal connection between those heroic and tragic events and the end of the XIX – beginning of the XX century, when in the Turkish bay of Chesma (Chesma), in honor of those who fell in the battle, Emperor Nicholas II ordered the construction of a chapel of St. George in honor of those who fell in battle. The role of the Russian Foreign Ministry in this process is underlined. Thanks to archival documents, it became known the exact number of Russian sailors who died on the ship «St. Eustathius». Fig.4.