

Морской



Вестник

№3(83)
сентябрь

2 0 2 2

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



СЕВЕРНОЕ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО

«Первым с этим грозным оружием на борту заступит фрегат «Адмирал Горшков». Район несения службы корабля, оснащенного гиперзвуковыми крылатыми ракетами «Циркон», будет выбран, исходя из интересов обеспечения безопасности России»

Президент Российской Федерации В.В. Путин



В 2020 году за разработку и создание фрегатов проекта 22350 группе специалистов АО «Северное ПКБ» была присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники

В декабре 2022 г. исполняется пятьдесят лет со дня подписания приемного акта головного базового тральщика пр. 1265 – БТ-123. Корабли этого проекта стали самыми многочисленными представителями базовых тральщиков отечественного флота и на тот период эффективными противоминными кораблями, не уступающими по своим возможностям тральщикам ведущих иностранных ВМС.

К началу 1960-х гг. в Советском Союзе проектированием противоминных кораблей занималось несколько конструкторских бюро, затем начался процесс сосредоточения работ по тральщикам на одном предприятии.

Сначала по решению 2-го Главного управления Государственного комитета по судостроению в 1961–1962 гг. из ЦКБ-19 в ЦКБ-363 были переданы все материалы по тральщикам в деревянных корпусах (проекты 257Д, 257ДМ и 699). Для сохранения преемственности в работе из ЦКБ-19 в ЦКБ-363 был переведен ряд специалистов, в том числе главный конструктор этих проектов Д. И. Рудаков, его заместитель И. Г. Гинзбург, конструктор В. И. Корольков и др.

С 1 июня 1963 г. на основании приказа Государственного комитета по судостроению ЦКБ-50 (тральщики пр. 254, пр. 265) и ЦКБ-363 (тральщики проектов 254К, 254М, 264, 265К, 265А, 266, 257 и др.) объединились в единую организацию – Центральное конструкторское бюро № 50 (ЦКБ-50). В 1966 г. ЦКБ-50 было переименовано в Западное ПКБ.

Перед ЦКБ-50 была поставлена задача – спроектировать корабль для поиска, обозначения и уничтожения донных, якорных, придонных и плавающих мин на рейдах, в гаванях и прибрежных фарватерах, осуществления противоминного охранения подводных лодок, надводных кораблей и судов при выходе из баз и возвращение в них, а также на переходах морем в прибрежных районах.

На тральщике предполагалось использовать новый для того времени вид противоминного оружия – комплексно-искателя-уничтожителя мин, предназначенного для поиска, обнаружения и уничтожения мин и миноподобных объектов, в том числе по курсу корабля. Одновременно на корабле было необходимо разместить современные контактные и неконтактные тралы, а также шнуровые заряды и устройства для постановки вех.

Сложность решения поставленной задачи заключалась в необходимости объединить усилия многих проектных и производственных организаций. От разработчиков минно-трального воо-

«ЯХОНТАМ» – 50 ЛЕТ

А.В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
А.В. Калинин, гл. конструктор,
АО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 373 8300, 369 0082



Базовый тральщик пр. 1265

ружения требовалось создать современные образцы изделий, включая самоходные искатели-уничтожители мин, от разработчиков радиоэлектронного вооружения – создать новую гидроакустическую станцию миноискания, от разработчиков энергетических установок – компактный и одновременно мощный дизель-редукторный агрегат для ГЭУ, от разработчиков оборудования – модернизированные лебедки-вьюшки, кран-балки и многое другое. При этом требовалось создать «изделия» и оборудование в немагнитном или маломанитном исполнении.

В 1963 г. ЦКБ-50 приступило к предэскизным проработкам по пр. 1255 (работы выполнялись под руководством главного конструктора А. Г. Соколова), а с 1964 г. по заказу Главного управления кораблестроения ВМФ – к разработке эскизного проекта (ему был присвоен шифр «Сапфир»). Решением ВМФ и Минсудпрома № с-13/558 от 14 марта 1966 г. эскизный проект был утвержден, и началась разработка технического проекта (плановый срок окончания разработки – сентябрь 1966 г.).

В процессе разработки технического проекта было принято решение об изменении номера проекта с 1255 на 1265 и шифра проекта с «Сапфира» на «Яхонт».

Тральщик пр. 1255 (1265) должен был стать дальнейшим развитием пр. 1252, создание которого в свое время велось на основании катерных норм. В ходе выполнения проработок стало ясно, что разместить требуемый заказчиком состав вооружения в имеющемся водоизмещении и при заданных разме-

рениях не удастся, от крупносерийного строительства БТЩ пр. 1252 было решено отказаться, разработку пр. 1255 (1265) вести по новым нормам ВМФ для противоминных кораблей базовой зоны.

Технический проект корабля выполнялся в двух вариантах, с корпусами из стеклопластика и древесины, при этом вариант из стеклопластика считался приоритетным. Однако поскольку промышленность в то время не могла обеспечить стеклопластиком строительство всей серии, а возросшие водоизмещение и размерения затрудняли постройку серии на имеющихся стапельных местах, предпочтение отдали варианту с деревянным корпусом (правда, для повышения долговечности деревянного корпуса и достижения лучшей герметизации его оклеивали стеклопластиком).

Ведущими советскими предприятиями на стадии технического проекта нового тральщика выполнялся ряд опытно-конструкторских работ, в том числе:

- создание телевизионного искателя-уничтожителя «Катран-1» с укороченной буксирно-кабельной частью (разработчик – Уральский филиал ЦНИИ «Гидроприбор»);
- разработка модификации подъемно-опускного устройства ПОУ-27 (Пролетарский завод);
- создание:
 - дизель-редукторного агрегата ДРА-210, состоящего из дизеля М401 и редуктора М87 ОФТК;
 - гидрозубчатой передачи с гидротрансформаторами переднего и заднего хода, спаренной с дизелем типа М401;

Продолжение см. на с. 6

Морской Вестник



№ 3 (83)

сентябрь

2022

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. Турчин, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

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»

В.В. Дударенко, генеральный директор

ООО «Судпромкомплект»

М.В. Захаров, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

С.Н. Ирютин, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

М.В. Исполов, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

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, председатель совета директоров

АО «Армалит»

Л.Г. Кузнецов, генеральный конструктор

АО «Компрессор»

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

И.М. Мухомудин, генеральный директор

ПАО «СФ «Алмаз»

О.А. Остапко, врио генерального директора

АО «Северное ПКБ»

А.Г. Родионов, генеральный директор

АО «Ситроникс КТ»

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»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн «НПО «Аврора»

А.В. Шляхов, генеральный директор

ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор

АО «ЦМКБ «Алмаз»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО ПКБ «Петробалт»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

А. В. Шляхтенко, А. В. Калинин. «Яхонтам» – 50 лет 1

О. В. Третьяков, Д. Ю. Литинский. Развитие эскадренных миноносцев
Военно-морских сил Народно-освободительной армии Китая. Часть 1 12

Б. П. Ионову – 70 лет 16

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. В. Дударенко, Л. М. Клячко. Санкции и импортозамещение
в судостроительной промышленности 19

О. В. Савченко, В. Н. Половинкин. Размышления о состоянии
и перспективах развития отечественного гражданского судостроения.
Часть 2 26

А. А. Кутенев, М. М. Корзин, А. Б. Фомичев, М. Ю. Щигорцов.
Применение современных средств измерения и проецирования
в корпусостроении 30

В. П. Лянзберг, Н. М. Вихров. Иллюминаторы высокого давления –
учет взаимного смещения элементов в конструкции. Часть 1 35

Е. А. Борисов, А. Н. Попов, К. А. Голубев, С. А. Гейко. Методы
создания конкурентной среды между поставщиками судового
комплектующего оборудования 41

И. В. Николаев. О влиянии коррозионного износа на прочностные
свойства судовых фундаментов под вспомогательные механизмы 43

К. О. Будников. Исследование технологии сборки корпусных
конструкций с применением электронной модели и электронно-оптических
измерительных систем 47

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

В. В. Барановский, П. Г. Печковский. Обоснование направлений
развития и совершенствования энергетических установок перспективных
боевых надводных кораблей. Часть 2 50

Ю. В. Копытов, Д. В. Сулов. Развитие проектирования и производства
рулевых машин, механизмов силовых приводов успокоителей качки,
судовых кранов и устройств транспортировки корабельных вертолетов 59

А. Е. Васильев, В. И. Черненко. Технологическое резервирование –
новый принцип обеспечения надежности высокоответственного судового
энергетического оборудования при минимальной стоимости
его изготовления 63

А. Н. Дядик, Н. П. Малых, К. В. Долгий. Использование эжекторного
сатуратора для растворения углекислого газа 65

А. З. Багерман, С. А. Заводов, А. А. Живушкин, И. П. Леонова.
Прогнозирование изменения длительной прочности жаропрочных
никелевых сплавов в результате сульфидно-оксидной коррозии
без испытаний 69



ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- А. Н. Попадьян, Ю. Ф. Подоплёкин, В. В. Морозов, В. В. Каманин.**
Применение новых информационных технологий для оценки эффективности корабельных комплексов военной техники 73
- А. Н. Зайцев, С. Н. Смелков.** Информационные коммуникации в интегрированных автоматизированных системах управления..... 77
- А. С. Корнев, А. С. Скрыпка, С. П. Хабаров.** Универсальный испытательный стенд для бортовых систем..... 83
- П. А. Зубков.** Оценка противопожарной безопасности корабельных помещений с использованием программных средств автоматизированного структурно-логического моделирования. Часть 2 86

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- В. С. Кожневников, И. А. Гаврилов.** Тифоны электрические ТЭС-20 и ТЭС-75 разработки АО «МНС» 95
- В. Н. Илюхин.** Стандартизация водолазной техники. Актуальные аспекты 97
- Д. А. Скороходов, В. И. Комашинский, В. И. Поленин, С. В. Бобрышев.** Подводный транспорт для Арктической зоны Российской Федерации 102
- Г. А. Пелехов.** Расчет необходимого количества найтовов для поярусного и монолитного крепления и их сравнительный анализ..... 105

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- О. В. Третьяков.** К 90-летию Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения ВМФ 107
- В. Н. Половинкин, С. В. Федулов, В. В. Беляков, В. Э. Руденко.** Изучение германской самонаводящейся акустической торпеды Т-V..... 113
- И. В. Меркулов.** Служебное положение и социальные перспективы штурманов в XVIII – XIX веках. (По следам юбилея штурманской службы ВМФ России)..... 117

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- О насущных задачах судостроительной отрасли.
Заседание секции «Управление судостроительным производством» НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова..... 122
- О созыве очередной VI отчетно-выборной Конференции Научно-технического общества судостроителей имени академика А.Н. Крылова 124
- К 50-летию К. Н. Куликова 125

В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- 52-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания..... 127

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

Д.С. Глухов

Тел.: (812) 6004586

Факс: (812) 6004586

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.

П.А. Кротов, д-р истор. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Д.В. Никущенко, д-р техн. наук

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.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичева

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова

Адрес редакции

190068 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»,

190068, 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 ПМ 467) может быть оформлена по

каталогу Почты России «Подписные издания»

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 № 1256

Дата выхода в свет – 09.09.2022

Каталожная цена – 675,42 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

№ 3 (83)

September

2022

Morskoy Vestnik

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:

A.S. Buzakov, General Director
JSC Admiralty Shipyards

V.Yu. Dorofeev, General Director
JSC SPMD Malachite

V.V. Dudarenko, General Director
JSC Sudpromkomplekt

S.G. Filimonov, General Director
JSC Concern Morflot

E.T. Gambashidze, General Director
JSC Control Systems and Instruments

S.N. Iryutin, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

M.V. Ispolov, Director JSC CRIME

E.A. Konov, Director

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanov, General Director

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, Scientific Director

JSC Concern Granit-Elektron

A.V. Kuznetsov, chairman of the board of directors

JSC Armatit

L.G. Kuznetsov, General Designer

JSC Compressor

I.M. Mukhutdinov, General Director

JSC Almaz Shipbuilding Company

G.N. Muru, General Director JSC 51 CDTISR

O.A. Ostupko, v.p.i.o General Director

JSC Severnoye Design Bureau

A.G. Rodionov, General Director

JSC Sitronics KT

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 Vypel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

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, Director JSC Pella shipyard

A.L. Ulyanov, General Director

LLC Neva International

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

M.V. Zakharov, General Director

JSC Pumor-north-west

ABSTRACTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- A. V. Shlyakhtenko, A. V. Kalinin.** «Yakhont's» – 50 years 1
- O. V. Tret'yakov, D. Yu. Litinsky.** The development of destroyers
of the Navy of the People's Liberation Army of China. Part 1..... 12
- B. P. Ionov** – 70 years old 16

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANISATION OF SHIPBUILDING

- V. V. Dudarenko, L. M. Klyachko.** Sanctions and import substitution in the
shipbuilding industry 19
- O. V. Savchenko, V. N. Polozhinkin.** Reflections on the state and prospects
for the development of domestic civil shipbuilding. Part 2..... 26
- A. A. Kutenev, M. M. Korzin, A. B. Fomichyov, M. Yu. Shchigortsov.** Modern
measurements tools in shipbuilding 30
- V. P. Lyanzberg, N. M. Vikhrov.** High pressure portholes – taking into account
the mutual displacement of elements in the structure. Part 1 35
- E. A. Borisov, A. N. Popov, K. A. Golubev, S. A. Geiko.** Methods for creating
a competitive environment between suppliers of ship components..... 41
- I. V. Nikolaev.** On the effect of corrosion wear on the strength properties
of ship foundations for auxiliary mechanisms 43
- K. O. Budnikov.** Research of the technology of assembly hull structures using
an electronic model and electronic-optical measuring systems 47

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- V. V. Baranovskiy, P. G. Pechkovskiy.** Substantiation of directions
for the development and improvement of power plants of promising combat
surface ships. Part 2..... 50
- Yu. V. Kopytov, D. V. Suslov.** Development of design and production
of steering gears, mechanisms of power drives of stabilizers, ship cranes
and devices for transporting ship helicopters..... 59
- A. E. Vasiliev, V. I. Chernenko.** Technological redundancy – a new principle
of ensuring the reliability of highly responsible ship power equipment
at a minimum cost of its manufacture..... 63
- A. N. Dyadik, N. P. Malykh, K. V. Dolgy.** Using an ejector saturator
to dissolve carbon dioxide 65
- A. Z. Bagerman, S. A. Zavodov, A. A. Zhivushkin, I. P. Leonova.** Prediction
of changes in the long-term strength of heat-resistant nickel alloys as a result
of sulfide-oxide corrosion without testing..... 69



INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- A.N. Popad'in, Yu. F. Podoplyokin, V. V. Morozov, V. V. Kamanin.** Application of new information technologies to evaluate the efficiency of ship complexes of military equipment 73
- A.N. Zaitsev, S.N. Smelkov.** Information communications in integrated automated control systems 77
- A.S. Korenev, A.S. Skrypka, S.P. Khabarov.** Universal test bench for on-board systems 83
- P.A. Zubkov.** Evaluation of fire safety of ship premises using software tools for automated structural and logical modeling. Part 2 86

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- V.S. Kozhevnikov, I.A. Gavrilov.** Electric typhons TES-20 and TES-75 developed by MNS JSC 95
- V.N. Ilyukhin.** Standardization of diving equipment. Actual aspects 97
- D.A. Skorokhodov, V.I. Komashinsky, V.I. Polenin, S.V. Bobryshev.** Underwater transport for the Arctic zone of the Russian Federation 102
- G.A. Pelekhov.** Calculation of the required number of lashings for tiered and monolithic fastening and their comparative analysis 105

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- O. V. Tret'yakov.** To the 90th anniversary of the Research Institute of Shipbuilding and Armament of the Navy 107
- V.N. Polovinkin, S. V. Fedulov, V. V. Belyakov, V.E. Rudenko.** Study of the German T-V homing acoustic torpedo 113
- I. V. Merkulov.** Official position and social prospects of navigators in the 18th – 19th centuries. (In the wake of the anniversary of the navigator service of the Russian Navy) 117

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- On the urgent tasks of the shipbuilding industry: a meeting of the section «Management of shipbuilding production» NTO shipbuilders named after Acad. A.N. Krylov* 122
- On the convening of the next VI reporting and election Conference of the Scientific and Technical Association of Shipbuilders named after Academician A.N. Krylov* 124
- To the 50th anniversary of K.N. Kulikov* 125

IN THE MARITIME ASSEMBLY

- 52nd Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Assembly* 127

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. Karaev, 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.

D.V. Nikushchenko, D. Sc.

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 13N, 84, Nab. r. Moyki, 190068, 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 13N, 84, Nab. r. Moyki, 190068, 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 Russian Post Catalog «Subscription editions» (subscription index ПМ 467) 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 № 1256

Publication date – 09. 09. 2022

Catalog price – 675,42 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

- системы дистанционного автоматического управления с гидрозубчатой передачей и дизелем типа М401;
- автоматизированного дизель-генератора ДГР 100/1500 с системой автоматики, обеспечивающей автоматизированный дистанционный запуск, остановку, принятие нагрузки и т. д. для совместной работы с комплексной системой автоматизации всех технических средств корабля;
- водоотливных погружных электронасосов производительностью 100 м³/ч и 60 м³/ч в маломощном исполнении;
- системы «Пассат» автоматизированного дистанционного управления главными двигателями и винтами регулируемого шага;
- системы «Эльтон» автоматизированного дистанционного управления общесудовыми системами;
- системы «Березина» автоматизированного дистанционного управления электроэнергетической установкой;

– разработка поста управления кранбалкой и лебедкой-вьюшкой.

Результаты указанных опытно-конструкторских работ внедрялись на головном или серийных кораблях пр. 1265.

Созданием телевизионного искателя-уничтожителя «Катран-1» с укороченной буксирно-кабельной частью по заказу ВМФ занимался Уральский филиал ЦНИИ «Гидроприбор». В соответствии с утвержденным проектом по состоянию на май 1967 г. проводились испытания экспериментального образца в основном варианте, требовалось утвердить технические условия на поставку «Катрана-1» с укороченной буксирно-кабельной частью, чтобы Западное ПКБ могло разместить «изделие» на пр. 1265. Плановый срок окончания выпуска документации был назначен на 1968 г., но в силу различных причин создание модификации «Катрана-1» затянулось, и на испытания головной корабль пр. 1265 вышел без этого изделия. Позднее было принято решение отказаться от размещения «Катрана-1» на пр. 1265, а Уральскому филиалу ЦНИИ «Гидроприбор» было поручено создать новый самоходный искатель-уничтожитель мин.

Одновременно с созданием «Катрана-1» в Западном ПКБ в 1964–1969 гг. был разработан проект самоходного подводного аппарата «Луч-3» (главный конструктор аппарата – А. М. Гиндин), предназначенного для поиска донных и придонных мин и их уничтожения. Разработка этого «изделия» была выполнена впервые, задолго до появления информации об аналогичном французском аппарате РАР-104.

Горизонтальное и вертикальное перемещение (ход и углубление) аппарата осуществлялось гребными винтами от электродвигателей, которые получали питание и управление по кабелю длиной 1000 м с тральщика, по этому же кабелю получали питание и телевизионная аппаратура опознавания миноподобных объектов, а также устройство навешивания на мину шнурового заряда для ее подрыва, установленное на аппарате.

Спущенный на воду с тральщика аппарат «Луч-3» с помощью гидрокационной станции корабля выводился оператором в район расположения миноподобного предмета (который был обнаружен этой ГЛС), с помощью телевизионной аппаратуры проводилось опознавание мины, на нее спецустройством навешивался шнуровой заряд, аппарат отводился на безопасное расстояние, и мина дистанционно подрывалась.

Натурный макет «Луча-3» был сделан в мастерских Западного ПКБ, а на Уральском заводе им. К. Е. Ворошилова были изготовлены экспериментальный и опытный образцы. В дальнейшем начался выпуск серийных аппаратов «Луч-3» для размещения на борту БТЩ пр. 1265.

Главным конструктором пр. 1255 был назначен А. Г. Соколов, затем работы по новому проекту возглавил Д. И. Рудаков, а с 1971 г. главным конструктором стал В. И. Немудров, с 1989 г. – А. А. Форст.



А. Г. Соколов



Д. И. Рудаков



В. И. Немудров



А. А. Форст

В 1967 г. Западным ПКБ была закончена разработка технического проекта корабля. Как и требовалось по директивным документам, проект был выполнен в двух вариантах. Первый разрабатывался в деревянном корпусе, оклеенным стеклопластиком, с остроскулыми обводами, второй вариант – из нетоксичного стеклопластика с лекальными обводами. Номенклатура оборудования и состав вооружения в обоих вариантах были идентичными.

После рассмотрения материалов технического проекта было выпущено совместное решение ВМФ и МСП № С-13/нн2019 от 9 августа 1968 г. с перечнем необходимых доработок. В частности, у заказчика появились дополнительные предложения в части увеличения минно-трального и артиллерийского вооружения корабля, улучшения его защиты от подрыва на неконтактных минах, увеличения количества личного состава, улучшения бытовых условий и усовершенствования некоторых технических средств корабля.

Исправление полученных замечаний требовало увеличения размеров и водоизмещения корабля, а также изменения его архитектуры, физических полей

и других тактико-технических элементов. Среди основных замечаний были:

- одновременный прием забортовых частей искателя мин «Луч-1» и уничтожителя мин «Луч-3»;
- размещение на корабле дополнительной артиллерийской установки (крупнокалиберных пулеметов);
- размещение на корабле гидролокаторной станции МГ-26;
- замена дизель-редукторного агрегата и винтов регулируемого шага на дизели с гидрозубчатой передачей и винты фиксированного шага;
- увеличение численности личного состава;
- изменение номенклатуры различного оборудования и вооружения.

Выполненная проработка показала, что большие вес и габариты современного отечественного противоминного оружия не позволяют полностью учесть полученные замечания без значительного увеличения водоизмещения и главных размерений тральщика, а также ухудшения противоминной защиты. Кроме того, часть оборудования и вооружения еще не освоены промышленностью, поэтому их внедрение было возможно уже на серийных кораблях. В результате полученные замечания были реализованы частично.

В начале 1969 г. состоялось рассмотрение откорректированного технического проекта. Совместным решением ВМФ и МСП № С-13/нн590 от 4 марта 1969 г. он был утвержден после проработки высказанных по проекту замечаний, и Западное ПКБ приступило к разработке рабочей конструкторской документации.

При создании БТИЦ пр.1265 особое внимание было уделено максимальному снижению физических полей корабля и наиболее полному удовлетворению требований тактико-технического задания (ТТЗ) в части размещения всей номенклатуры противоминного вооружения. Однако еще на начальной стадии технического проекта было установлено, что одномоментно разместить все «изделия», указанные в ТТЗ, противоминного вооружения на корабле невозможно. Было принято решение, что в зависимости от поставленной задачи будут устанавливаться разновременно искатели и тралы в следующих вариантах:

- телевизионный искатель-уничтожитель «Катран-1» в комплектации для малых кораблей (с уменьшенной длиной буксирной кабельной системы) – 1 комплект.
- искатель – гидролокаторный «Луч-1» (1 комплект) и искатель-уничтожитель самоходный телевизионный «Луч-2» (1 комплект);
- искатель – гидролокаторный «Луч-1» (1 комплект) совместно

с контактным тралом ГКТ-2 с угловыми элементами (1 комплект) и акустическим тралом АТ-5 (1 комплект);

- искатель-уничтожитель самоходный телевизионный «Луч-3» (1 комплект) совместно с контактным тралом ГКТ-2 с угловыми элементами (1 комплект) и акустическим тралом АТ-5 (1 комплект);
- контактный трал ГКТ-2 с угловыми элементами (1 комплект) совместно с акустическим тралом АТ-5 (1 комплект);
- соленоидный электромагнитный трал СТ-2 (1 комплект) совместно с акустическим тралом АТ-5 (1 комплект);
- петлевой электромагнитный трал ПЭМТ-4 (1 комплект) совместно с акустическим тралом АТ-5 (1 комплект);
- шнуровой заряд ШЗ-1 или ШЗ-2 – две 2 секции по 200 м.

В процессе разработки откорректированного технического проекта были выполнены макетные работы (на производственной базе Западного ПКБ). В частности, были созданы макеты рубок и постов ГКП (ходовая рубка, штурманская рубка, пост командира группы), поста искателей и управления тралами, радиорубки, рубки гидроакустики и поста управления энергетической установкой. Макетные работы велись с февраля 1970 г., их результаты после утверждения назначенной комиссией были внедрены на головном корабле.

Корабли пр. 1265 строились на судостроительном заводе «Авангард» (г. Петрозаводск) и Владивостокском судостроительном заводе (г. Владивосток).

Головной корабль пр. БТ-123 (зав. № 101) был заложен на заводе «Авангард» 1 сентября 1971 г., спуск на воду состоялся 29 августа 1972 г., и после завершения достроечных работ были проведены швартовные испытания (с 29 октября по 8 декабря 1972 г.). Заводские ходовые испытания проводились с 8 по 24 декабря 1972 г., и решением исполняющего директора завода А. И. Акимова № 1265/101 от 25 декабря 1972 г. корабль предъявлен на государственные испытания.

Назначенная приказом ГК ВМФ № 334 от 13 ноября 1972 г. государственная приемная комиссия под председательством контр-адмирала А. А. Юдина с 25 по 29 декабря 1972 г. провела государственные испытания БТ-123. Приемный акт был подписан 29 декабря 1972 г. (командир корабля – капитан-лейтенант В. И. Ливерко, ответственный сдачик – Князев, директор завода «Авангард» – М. А. Шабан. Базовый тральщик БТ-348 (зав. № 901) был заложен на Владивостокском судостро-

ительном заводе (ВСЗ) 5 июня 1971 г. Спуск на воду состоялся 2 июня 1973 г., и с 3 июня по 23 декабря 1973 г. проводились сначала швартовные испытания, а потом и заводские ходовые испытания.

Назначенная приказом ГК ВМФ № 336 от 3 декабря 1973 г. государственная приемная комиссия Постоянной комиссии Государственной приемки кораблей ВМФ под председательством старшего уполномоченного Тихоокеанской группы ГПК ВМФ капитана 1 ранга М. А. Лемина провела государственные испытания корабля с 24 по 29 декабря 1973 г. (предъявлен на государственные испытания решением директора ВСЗ № 6/73 от 24 декабря 1973 г.). Приемный акт был подписан 29 декабря 1973 г. (командир корабля – ст. лейтенант В. А. Шевченко, директор завода – Б. З. Аверкин).

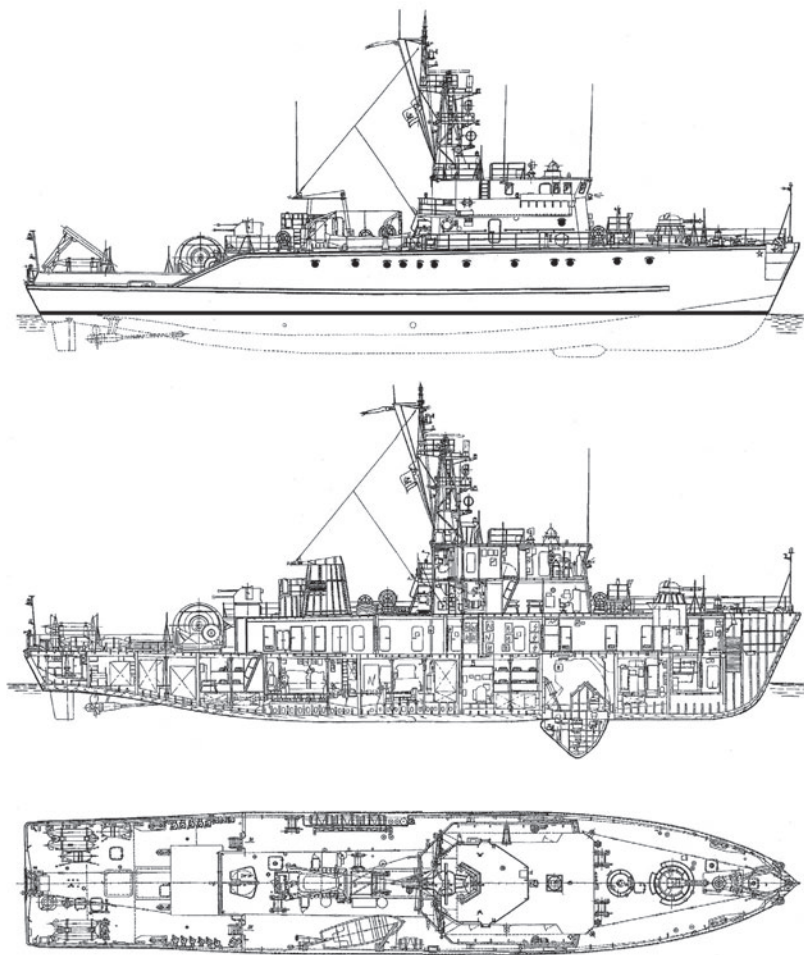
После решения о серийном строительстве БТИЦ пр. 1265 на двух судостроительных заводах были организованы группы технического сопровождения на заводе «Авангард» и ВСЗ.

Всего по пр.1265 на двух заводах было построено 68 ед. – 46 в Петрозаводске и 22 во Владивостоке. Еще четыре корпуса на заводе «Авангард» были заложены, но остались не достроены. Корабли пр. 1265 вошли в состав всех флотов и Каспийской флотилии ВМФ Советского Союза.

Руководством Министерства судостроительной промышленности за создание БТИЦ пр. 1265 были отмечены и премированы начальник – главный конструктор Западного ПКБ Н. П. Пегов, главный конструктор проекта В. И. Немудров и др.

В ходе проектирования и строительства БТИЦ пр. 1265 удалось создать эффективный корабль противоминной обороны, отвечающий всем требованиям заказчика и не уступающий по своим возможностям тральщикам ведущих иностранных ВМС. Корабль был оснащен гидроакустической станцией поиска якорных и донных мин, аппаратурой звукоподводной связи. На БТИЦ пр. 1265 удалось достичь дальнейшего снижения уровней физических полей, улучшить обитаемость, применив круглогодичное кондиционирование (добившись возможности эксплуатации и в арктических и тропических морях), повысить мореходность, увеличить автономность, разместить дополнительные средства связи, усилить средства самообороны, предусмотреть общекорабельную систему сбора льяльных и загрязненных вод и многое другое.

Новый тральщик был длинноплубачный, с дизельной ГЭУ, двухвинтовой, с винтами регулируемого шага в неподвижных насадках. Корпус корабля изготавливался из дерева (пять слоев



Базовый тральщик пр. 1265. Вид сбоку, продольный разрез, вид сверху

древесины, наружные – из дуба и ясеня, а внутренние – из дуба и сосны). Для повышения прочности, герметичности и долговечности древесины корпуса оклеивали стеклопластиком.

Корпус – с удлиненным полубаком и двойным дном на всем протяжении. Фундаменты под главные и вспомогательные механизмы, элементы набора изготавливались из маломагнитной стали или из алюминиево-магниевого сплава. Корпус делился 10 водонепроницаемыми переборками (также изготовленными из алюминиево-магниевого сплава, доходящими до верхней палубы) на 11 отсеков. Оба дизеля размещались в одном (7-м) отсеке.

Тральщик пр. 1265 приспособлен для действий в условиях применения оружия массового поражения.

Основные ТТЭ корабля (согласно откорректированному техническому проекту): водоизмещение стандартное – 397 т, нормальное – 414 т, полное – 430 т, наибольшее – 432 т.

Главные размерения: длина по КВЛ – 46,0 м, длина наиб. – 49,0 м, ширина по КВЛ – 8,35 м, ширина наибольшая – 8,80 м, ширина габаритная – 9,00 м, осадка средняя (при наибольшем водоизмещении) – 2,36 м. Высота

борта на мидель-шпангоуте: до палубы полубака – 6,50 м, высота борта в носу – 7,00 м, высота транца в ДП – 4,50 м.

Главная энергетическая установка корабля состояла из двух дизель-редукторных агрегатов ДРА-210А номинальной мощностью по 1000 л.с. каждый.

Скорость полного хода на глубокой воде при нормальном водоизмещении и состоянии моря до 3 баллов включительно была 14 уз, скорость боевого экономического хода – 10 уз. Расчетная дальность плавания боевым экономическим ходом в 10 уз при полных запасах топлива и смазочного масла и опущенном обтекателе ПОУ составила 1500 миль.

Противоминное вооружение включало искатель-уничтожитель мин, контактный и сетевой тралы, акустический, электромагнитный и соленоидный тралы.

В состав артиллерийского вооружения входила одна артиллерийская установка АК-230М и одна 25-мм артиллерийская установка 2М-3М.

Радиоэлектронное вооружение было представлено гидролокационными станциями миноискания, станцией звукоподводной связи, станцией опознавания, станцией радиотехнической разведки, навигационной РЛС.

В ходе разработки проекта и строительства серии БТЩ пр. 1265 Западное ПКБ постоянно совершенствовало проект. С одной стороны, продолжались работы по созданию варианта тральщика в корпусе из стеклопластика (для подобных проработок иногда использовался номер пр. 1265П), с другой – учитывалось появление новых образцов оружия и радиотехнического вооружения, которые, по требованию заказчика, размещались на строящихся серийных кораблях. В свою очередь, внедренные на строящихся кораблях усовершенствования учитывались при разработке пр. 1265П.

По мере появления новых образцов искателей и тралов происходила замена «изделий» в вариантах приема противоминного вооружения.

Согласно ТТЗ для поиска, обнаружения и определения координат якорных и донных мин на корабле было необходимо разместить МГ-89 «Серна», однако процесс создания новой гидролокационной станции затянулся. До освоения МГ-89 промышленностью для обнаружения якорных и донных мин на кораблях (до зав. № 122 и № 910) были установлены ГЛС МГ-69 (1 комплект) и МГ-79 (1 комплект), при этом водоизмещение корабля увеличилось на три тонны.

Размещение МГ-89 началось с БТЩ зав. № 122 и № 910. В 1971 г. Западным ПКБ была разработана документация и внесены необходимые изменения в чертежи в связи с размещением на БТЩ пр. 1265 гидролокационной станции МГ-89 «Серна» (работы были закрыты на основании акта от 29 марта 1974 г.).

Головной корабль пр. 1265 был вооружен одной 30-мм спаренной автоматизированной артиллерийской установкой АК-230М и одной двухавтоматной турельной артиллерийской установкой 2М-3М. Подобный состав вооружения размещался на БТЩ зав. № 148 и № 920, а с БТЩ зав. № 148 и № 920 устанавливалось две 30-мм облегченные автоматические артустановки АК-306.

С БТЩ зав. № 118 и № 910 до БТЩ зав. № 159 и № 922 на палубе полубака в районе 61 1/2 шп. побортно устанавливались две морские тумбовые установки МТУ-4У (МТУ-4УС) или две пусковые установки ФАМ-14 для переносного зенитного ракетного комплекса «Стрела-3» с ракетой 9М36-1.

Основанием для разработки сокращенного технического пр. 1265Э (шифр «Яхонт-Э») явилось Постановление Совета Министров СССР № 75–34 от 24 января 1974 г. и приказ министра судостроительной промышленности № 112 от 1 марта 1974 г. о поставке этого базового тральщика на экспорт.



Базовый тральщик пр. 12650 с двумя артиллерийскими установками АК-306

Разработка сокращенного технического проекта велась по техническому заданию, утвержденному ГК ВМФ и согласованному с Министерством судостроительной промышленности и Государственным комитетом Совета министров СССР по внешним экономическим связям. Тактико-техническое задание на корректировку откорректированного технического пр. 1265 было утверждено ГК ВМФ Адмиралом Флота Советского Союза С. Г. Горшковым 24 декабря 1974 г.

Генеральный заказчиком проекта выступило ГИУ ГКЭС, с которым был заключен договор на выполнение работ. Наблюдение за разработкой проекта осуществляло 1-е ЦНИИ МО, главным наблюдающим от ВМФ был назначен В. Т. Кузьмин.

Разработку сокращенного технического проекта требовалось выполнить в первой половине 1976 г. Материалы проекта согласовывались с базовыми организациями Минсудпрома, в том числе с ЦНИИ им. А. Н. Крылова, «Ритм», «Румб», «Прометей», «Компас», «Аврора», «Уран», «Лот» и «Авангард».

Корректировка техпроекта была завершена в июне 1976 г. На основании договора со 2-м ГУ Минсудпрома бюро с 6 февраля 1978 г. приступило к отработке и корректировке рабочих чертежей и технической документации головного заказа «Яхонт-Э».

Основные ТТЭ корабля (включая главные размеры и водоизмещение) остались прежними, по сравнению с БТЩ пр. 1265 в экспортный вариант корабля были внесены следующие изменения:

- контактный и акустический тралы, телевизионный искатель мин были заменены на современные образцы в экспортном исполнении;

- размещена новая гидроакустическая станция звукоподводной связи в экспортном исполнении;
- радиотехническое вооружение (в первую очередь, вся аппаратура связи и РЛС) были заменены на современные образцы в экспортном исполнении.

Учитывая, что эксплуатация экспортных кораблей будет осуществляться в странах с жарким климатом, все размещаемое оборудование, механизмы и вооружение были в «тропическом» исполнении, а при отсутствии подобных вариантов «изделий» были проведены испытания для определения возможности работы при высокой влажности и высокой температуре окружающего воздуха.

Из комплектации БТЩ пр. 1265Э было исключено оборудование, необходимое для обогрева кораблей в северных широтах, предусмотрены системы летнего кондиционирования воздуха, расположены тентовые устройства на полубаке и юте корабля, увеличен запас пресной воды, выполнены другие работы по улучшению обитаемости в условиях жаркого климата.

По пр. 1265Э на заводе «Авангард» было построено 13 кораблей. Четыре тральщика были переданы Кубе, четыре – Болгарии, четыре – Вьетнаму. Кроме того, Сирии было передано два тральщика пр. 1265 из состава ВМФ СССР (после проведения дополнительных работ по установке экспортных образцов оружия и вооружения), а Эфиопии – один. Один корабль пр. 1265Э было решено достроить для Морской



Базовый тральщик пр. 1265Э



Базовый тральщик пр. 1265Э, переданный в состав ФПС РФ



Корабль противоминной обороны пр. 12700

охраны Федеральной пограничной службы (демонтировано экспортное оборудование и минно-тральное вооружение, проведена доработка проекта по требованию заказчика). Один корабль пр. 1265Э был заложен, но не достроен (в связи с отсутствием иностранного заказчика).

После развала Советского Союза БТЩ пр. 1265 оказались в составе ВМС Азербайджана (три тральщика) и ВМС Украины (два тральщика).

В 1988 г. было принято решение о передаче документации верфи Северной Кореи на лицензионной основе технического и рабочего пр. 1265Э.

Одновременно со строительством серии продолжались работы по созданию варианта БТЩ в корпусе из стеклопластика, которому предшествовал большой предварительный этап. В 1973–1975 гг. бюро разработало чертежи опытных макетов из конструкционных стеклопластиков для проведения испытаний на жаростойкость для кораблей пр. 1265.

На основании договора с ГУК ВМФ с 6 мая 1978 г. бюро приступило к разработке технического проекта «Яхонт-П». В конце 1980-х гг. Западное ПКБ разрабатывало проекты модернизации 12651 (шифр проекта «Яхонт-П», ранее обозначался пр. 1265П), 12655 («Яхонт-М»).

По сравнению с пр. 12650 (так стал именоваться пр. 1265 «Яхонт» после введения пятизначной системы нумерации проектов в отечественном кораблестроении), базовый тральщик пр. 12651 с корпусом из стеклопластика должен был иметь лучшие характеристики по защищенности, в состав вооружения этого корабля входили

гидролокационная станция, искатели-уничтожители и необходимые контактные и неконтактные тралы

Строительство корабля было поручено заводу «Авангард» со сдачей головного в 1992 г. Для обеспечения строительства головного и серийных кораблей пр. 12651 на судостроительном заводе началось строительство цеха для изготовления корпусов из композитных материалов, но после развала Советского Союза работы были приостановлены, а позднее прекращены.

Базовый тральщик пр. 12655 с корпусом из древесины (оклеенной стеклопластиком) отличался от пр. 12650 составом противоминного вооружения (размещен новейший самоходный искатель-уничтожитель мин, разработанный по теме «Кетмень» и способный уничтожать донные и придонные мины впереди по курсу корабля), установкой ГАС миноискания «Кабарга-А2» и возможностью использования боевых пловцов.

Заказчик и проектант стремились в максимальной степени реализовать последние отечественные и мировые достижения в борьбе с минной опасностью и все чаще приходили к выводу, что на базе пр. 1265 это уже оказалось труднореализуемо. Тем более, все возрастающие требования к противоминным кораблям по защите диктовали создание нового корабля в корпусе из стеклопластика.

Точку в вопросе модернизации проекта поставил заместитель главкома ВМФ по кораблестроению и вооружению адмирал Ф. И. Новосёлов. По воспоминаниям А. А. Форста, бывшего в то время главным конструктором БТЩ пр. 12655, в 1991 г. в Москве под

руководством адмирала Ф. И. Новосёлова проходило совещание по созданию БТЩ пр. 12655. Выслушав соображения о новом проекте присутствующих представителей промышленности и ВМФ, адмирал Ф. И. Новосёлов отметил, что, по его мнению, из пр. 1265 уже выжато все что можно, поэтому создание тральщика пр. 12655 необходимо прекратить. Надо разработать новое ТТЗ задание и начинать проектирование нового базового тральщика с нуля.

Выполненные проработки показали, что максимальное удовлетворение требований заказчика возможно при реализации в проекте корпусных конструкций из полимерных конструкционных материалов, а уровень развития отечественного противоминного вооружения требовал увеличения водоизмещения будущего противоминного корабля почти на 200 т.

Последовавший в начале 90-х гг. развал отечественной промышленности сначала замедлил, а потом и приостановил создание нового тральщика для ВМФ России.

ЦМКБ «Алмаз» (ставшее с 1998 г. основной организацией по созданию противоминных кораблей) продолжило работы по базовому тральщику, получившему номер проекта 12700 (шифр «Александрит») и успешно справилось с поставленной задачей.

При проектировании и строительстве корабля был учтен опыт создания пр. 1265, реализован ряд новых оригинальных технических решений, существенно повышающих эффективность противоминных действий. Корабль имеет уникальный, самый большой в мире корпус из монолитного стеклопластика, сформированный методом вакуумной инфузии, что позволило снизить уровень физических полей, повысить взрывостойкость и срок службы корпуса в сравнении с корпусами из маломанитной стали.

Большой производственный опыт создания кораблей различного назначения, открытость к самым современным достижениям мирового кораблестроения, изучение опыта эксплуатации кораблей, как спроектированных ЦМКБ «Алмаз», так и используемых ВМФ, позволили выполнить эту работу. На корабле создан противоминный контур с применением новейших образцов оружия, гидроакустических станций, движительно-рулевого комплекса и автоматизированной системы управления противоминными действиями, впервые применена интегрированная система поиска и уничтожения мин впереди по курсу корабля.

В настоящее время по пр. 12700 ведется строительство большой серии кораблей. ■

В течение двух десятилетий (1970–1980-е гг.) кораблестроение КНР в силу политической изоляции не имело доступа к современным промышленным и военным технологиям Запада и продолжало использовать в соответствии с заключенными межправительственными соглашениями советские технологии в области корабельной энергетики, артиллерии, ударного ракетного оружия и технических средств наблюдения, которые соответствовали уровню технического развития кораблестроения и морского оружия СССР начала 1950-х гг. С их учетом было построено полтора десятка паротурбинных ракетных кораблей пр. 051. В связи с потеплением отношений с США руководители военного строительства КНР получили возможность закупок образцов военной техники и вооружения американского и европейского производства и ознакомления с состоянием западного кораблестроительного комплекса. На основании этого они приняли стратегию поэтапной модернизации вооружения и техники Народно-освободительной армии Китая (НОАК), которая проводилась и в отношении надводных кораблей. Недостаток валютных средств не позволил осуществлять прямые закупки и реализовывать долгосрочные программы модернизации корабельного состава с использованием иностранной технической помощи. Поэтому решение наиболее острых проблем, к которым, в первую очередь, относилось оборонительное зенитное ракетное вооружение кораблей, нашли в закупках образцов с целью их испытаний на серийных кораблях и (в случае признания результатов испытаний положительными) последующего воспроизводства отечественной промышленностью. Идеологами такой стратегии в области надводного кораблестроения считаются заместитель председателя Центрального Военного Совета КНР Лю Хуацин и главный конструктор эсминцев первого и второго поколений Пан Цзинфу. С расширенным использованием систем оружия и вооружения европейского производства к началу 90-х гг. в КНР были построены два корабля «улучшенного» пр. 051 – D165 «Zhanjiang» и D166 «Zhuhai» – с усовершенствованной котлотурбинной ГЭУ.

Параллельно велось проектирование газотурбинного корабля второго поколения пр. 052 водоизмещением около 4000 т с комбинированной двухвальной дизель-газотурбинной ГЭУ по схеме CODAG (рис. 1 и рис. 2). Планировалось использование импортных составляющих: в качестве форсажной части – закупленных в США ГТД General Electric LM2500, в качестве маршевой – дизе-

РАЗВИТИЕ ЭСКАДРЕННЫХ МИНОНОСЦЕВ ВОЕННО-МОРСКИХ СИЛ НАРОДНО-ОСВОБОДИТЕЛЬНОЙ АРМИИ КИТАЯ ЧАСТЬ 1

О.В. Третьяков, д-р техн. наук, капитан 1 ранга, начальник,
Д.Ю. Литинский, науч. сотрудник,
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ
«Военно-морская академия»,
контакт. тел. (812) 405 0706

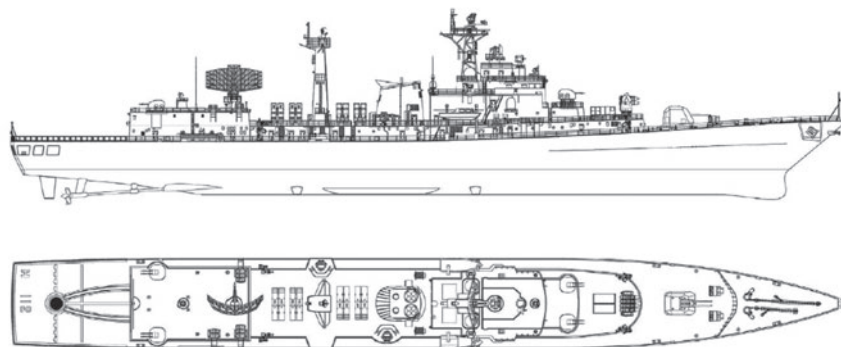


Рис. 1. Эсминец проекта 052

ли 12V1163 TB83 мощностью 8840 л.с. производства MTU Friedrichschaven, а также главных редукторов немецкой фирмы Renk AG и гребными винтами регулируемого шага шведской компании КаМеВа.

Разрабатывались два варианта проекта, отличавшихся составом вооружения. Разработка технического пр. 052 началась в 1985 г., после нескольких корректировок он был утвержден в октябре 1987 г.

Передача головного корабля состоялась в мае 1994 г., второго – два года спустя. Оба вошли в состав Северного флота ВМС НОАК.

Затянувшаяся пауза между окончанием постройки D112 «Harbin» и сдачей D113 «Qingdao» объяснялась решением найти для него замену ГТД американского производства, поскольку против КНР были предприняты санкции США, и два ГТД LM2500 были необходимы для поддержания длительной эксплуатации головного корабля.

Осенью 1993 г. специальная делегация КНР по военным закупкам прибыла на Украину и вскоре получила согласие правительства на экспорт нескольких комплектов главного турбозубчатого агрегата (ГТЗА) агрегатной мощностью 40 000 л.с. разработки украинского НПП «Зоря-Машпроект». В результате были закуплены десять двигателей под обозначением UGT-25000/DA80 и заключено лицензионное соглашение на их изготовление в КНР с обязательством китайской Shipbuilding Heavy Industry Co, Ltd. «организовать производство в кратчайшие сроки». Рабочую конструкторскую документацию находившегося в постройке второго корабля пр. 052, который фактически становился опытным, откорректировали для установки закупленных украинских ГТД. Для этого пришлось изменять сечение газоходов и предпринимать специальные меры для снижения теплового поля выхлопного тракта.

Факт различия в энергетике двух кораблей пр. 052 отрицается китайскими

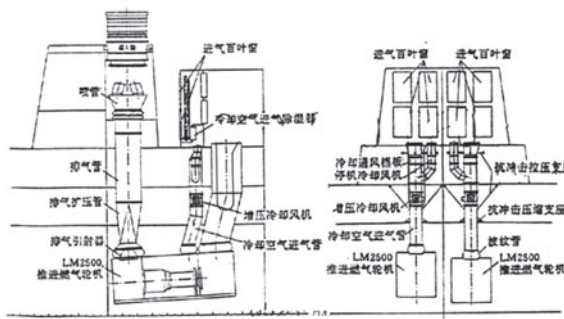


Рис. 2. Расположение главных двигателей на корабле пр. 052

источниками, вероятно, в целях сокрытия не предусмотренного соглашением с Украиной использования ГТД на втором корабле пр. 052.

Для сохранения производства корабельных паровых турбин, необходимых для атомного подводного кораблестроения и осуществления перспективной программы создания авианосца, по инициативе генерала Лю Хуацина Даляньским судостроительным заводом и Харбинским котлотурбинным институтом (НИИ-703) выполнена разработка ГТЗА «453В» мощностью 47 000 л.с. Строительство корабля по пр. 051В началось в декабре 1995 г.

Обводы корпуса были приняты по пр. 052 с увеличенной высотой надводного борта в носу. Длину по конструктивной ватерлинии увеличили до 153,0 м, ширину – до 16 м. Эскадренный миноносец «Shenzhen» полным водоизмещением 6580 т, вооруженный 16 ПКР УЈ-83 (рис. 3), предполагалось использовать в составе разнородной группировки сил ВМС, он должен был выполнять роль «корабля демонстрации силы» в возвращаемом Великобританией Китаю Гонконге. Для управления соединением разнородных сил в составе нескольких корабельных ударных групп, подводных лодок и двух групп ударных самолетов на корабле предусматривалась боевая информационно-управляющая система (БИУС) ЗКЈ-6 в составе 11 специализированных постов, в том числе навигационного, управления ударным корабельным соединением, управления и наведения авиации, управления подводными силами, радиотехнической разведки и радиоэлектронной борьбы и поста управления десантной операцией*.

«Shenzhen» спустили на воду 16 октября 1997 г., в феврале 1999 г. он вошел в состав Южного флота ВМС НОАК, став его флагманским кораблем.

В ходе планового ремонта 2004 г. зенитный ракетный комплекс (ЗРК) самообороны НQ-7 (воспроизведенный в КНР по официально закупленным образцам французский «Crotale Naval») заменили модификацией для борьбы с низколетящими ПКР, но зенитное артиллерийское вооружение осталось прежним – четыре спаренные 37-мм автоматические артиллерийские установки (АУ) Н/РЈ76А с радиолокационной системой управления. Двухорудийную 100-мм АУ Н/РЈ33А заменили модификацией Н/РЈ33В с несколько увели-

* Зарубежными специалистами отмечалось, что уровень военной электроники КНР не позволял обеспечить приемлемое взаимодействие БИУС с береговым командным пунктом (в частности, скорость передачи данных тактическим каналам не превышала 4800 бит/с).

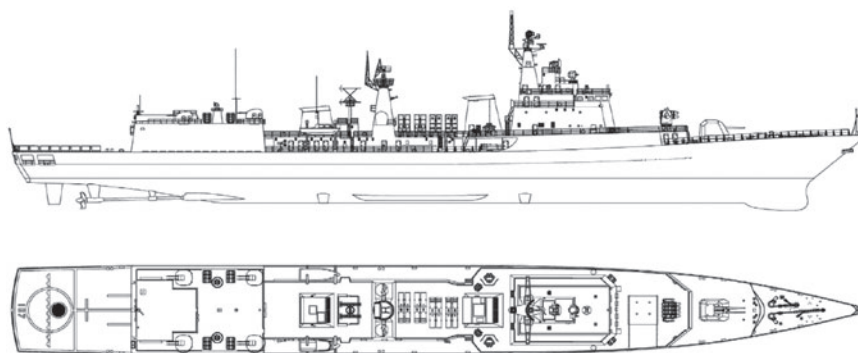


Рис. 3. Первоначальный вид паротурбинного эсминца «Shenzhen» пр. 051В

ченной скорострельностью. В 2006 г. началась комплексная модернизация системы боевого управления, большую часть оборудования демонтировали и заменили автоматизированными средствами управления нового поколения, появились линия обмена тактическими данными НН-900 (10 Мб/с), комплекс средств космической связи SNTI-240. Количество постов БИУС ЗКЈ-6 было сокращено до шести.

на корабле размещены сверхзвуковые ракеты УЈ-12А.**

В 1996 г., еще до заключения с Россией контракта на поставку двух кораблей пр. 956Э, представители министерства обороны КНР обратилась в ГК «Росвооружение» с запросом о поставке ЗРК «Штиль», радиолокационной станции (РЛС) «Фрегат-М2ЭМ» и радиолокационного комплекса целеуказания ракетному оружию «Минерал-Э». Все



Рис. 4. Модернизированный эсминец «Shenzhen», 2019 г.

Для своего водоизмещения корабль пр. 051В имел недостаточный состав вооружения, за что в Китае его иронично именовали «самым большим в мире ракетным катером». Очевидный дисбаланс между водоизмещением и вооружением частично был ликвидирован в 2014–2017 гг. в процессе комплексной модернизацией, в ходе которой «Shenzhen», наряду с обновленным радиоэлектронным и артиллерийским вооружением, получил установку вертикального пуска Н/АЈК16, позволяющую применять зенитные управляемые (ННQ-16) и противолодочные (Yu-8) ракеты. Малоэффективные 37-мм АУ Н/РЈ76А заменили два высокоскорострельных 11-ствольных 30-мм зенитных комплекса ближнего рубежа Н/РЈ11 (рис. 4). Вместо дозвуковых ПКР ЈУ-83

это планировалось закупить для вооружения большой серии фрегатов пр. 054А. В марте 1997 г. прошли переговоры, на которых китайцы официально заявили о намерении купить российское вооружение и самостоятельно установить его на свои корабли [1].

С 1997 г. в НИИ-701 Государственной судостроительной корпорации КНР (г. Ухань) под руководством главного конструктора Пан Цзинфу разрабаты-

** ПКР УЈ-12 создавалась в авиационном варианте в уменьшенных габаритах с использованием технических решений российской ПКР ЗМ80 «Москит». Корабельная (УЈ-12А) и береговая (УЈ-12В) модификации используют для старта твердотопливный ускоритель УЈ-12А, вооружаются модернизируемые корабли пр. 956Э российской постройки. Экспортный вариант СМ-302 заявляется в составе вооружения фрегатов пр. 054АР, строящихся для ВМС Пакистана.

вался технический пр. 052В дизель-газотурбинного океанского эскадренного миноносца, ориентированного на решение задач ПВО корабельного соединения. Пропульсивная установка схемы CODAG состояла из украинских ГТД и немецких дизелей*, производство которых в КНР находилось в различной степени локализации, главный редуктор проектировали и поставляли украинские предприятия.

Основным вооружением корабля планировался создававшийся в КНР с использованием некоторых технических решений российской зенитной ракетной системы С-300 корабельный ЗРК зональной обороны ННҚ-9 с установкой вертикального пуска Н/АЖК03. В дальнейшем «в тот же корпус» намеревались установить имевший статус опытного многофункциональный радиолокационный комплекс (МФРЛК) Н/ЛЈГ 346.

Разработку аналога американской боевой системы «Аlgis» – перспективной РЛС с фиксированными антенными решетками (расчетная дальность обнаружения воздушной цели типа истребитель – 300 км) и каналами управления зенитной управляемой ракеты (ЗУР) ННҚ-9 начали в НИИ-14 (морской радиоэлектроники) Государственной судостроительной корпорации в октябре 1989 г.

В условиях обострения международной обстановки – после «ракетного кризиса в Тайваньском проливе» в 1996 г. и случайного обстрела посольства КНР в Белграде во время боевых действий США и НАТО в Югославии в 1999 г. – китайское руководство приняло решение о значительном увеличении военного потенциала. В кораблестроительную программу включили разработку проекта и серийную постройку океанских кораблей для противолодочной и противовоздушной обороны авианосных соединений, вооруженных и крылатыми ракетами для поражения морских и береговых целей.

С 1997 г. в НИИ-7 разрабатывался технический проект океанского эскадренного миноносца с дизель-газотурбинной ГЭУ, ориентированного на решение задач ПВО соединения кораблей. Основным вооружением корабля планировался создаваемый в КНР самоходный комплекс С-300 и некоторых других «заимствований» корабельный ЗРК зональной обороны ННҚ-9.

В дальнейшем на корабли с тем же корпусом и энергетикой намеревались установить имевший статус опыт-



Рис. 5. Корабли ПВО пр. 051С, вооружаемые российским ЗРК «Риф-М», в достройке, декабрь 2005 г.

ного многофункциональный радиолокационный комплекс (МФРЛК). Разработку РЛС с ФАР с расчетной дальностью обнаружения воздушных целей 300 км и каналами управления ЗУР ННҚ-9 начали в НИИ-14 в октябре 1989 г.

Поскольку в боевом составе ВМС НОАК не было новых кораблей, кроме двух эсминцев пр. 052 и одного пр. 051В, а завершение работ по ЗРК и МФРЛК «отодвигалось вправо», китайской стороне настоятельно требовалось получить российский ЗРК «Риф-М», чтобы установить на два паротурбинных корабля пр. 051С (рис. 5). Для этого им пришлось согласиться на участие в проектных работах по своему перспективному кораблю российского ОАО «Северное ПКБ».

В конце февраля 2001 г. КНР и Россия подписали межправительственное соглашение и контракт на оказание технического содействия по установ-

ке комплексов вооружения и общекорабельного оборудования на корабли пр. 052В. Для российской стороны это фактически был контракт на выполнение опытно-конструкторской работы, которым, в частности, предусматривалось проектирование размещения ЗРК «Штиль-1», РЛС «Фрегат-М2ЭМ», комплекса «Минерал-МЭ» и общекорабельного оборудования; поставка российского оборудования на два корабля; монтаж и испытания, включая государственные испытания с проведением ракетных стрельб ЗРК «Штиль-1» на полигонах ВМС НОАК [2].

После выполнения необходимых ОКР в 1998 г. в КНР начали осуществление локализации ГТД UGT25000/DA80 [3], возложив общую ответственность на профильный НИИ-703.

Харбинский турбинный завод с использованием выпущенной НИИ-703 документации начал производство дви-

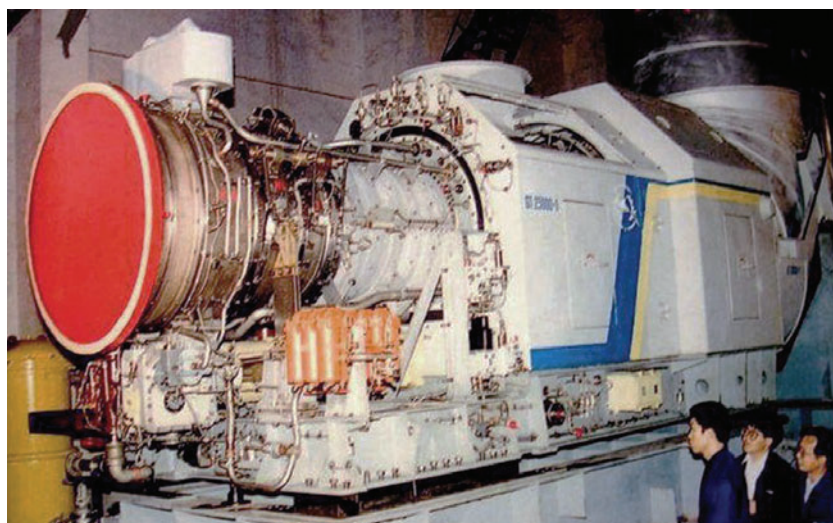


Рис. 6. Создание ГТД четвертого поколения М80 (ДА80) мощностью 40 000 л. с. было начато в интересах ВМФ СССР. Лицензию на его производство Украина передала КНР

* Лицензионное производство дизелей 12V1163ТВ83 было организовано на заводе Guangxi Yuchai Machinery Company. Ныне – MTU Yuchai Power – совместное предприятие с Rolls-Royce Power Systems.



Рис. 7. Эсминец пр. 052С



Рис. 8. Компоновка эсминца пр. 052С



Рис. 9. Компоновка эсминца пр. 052D

гателя, позже получившего обозначение QC-280. Выпуск газотурбогенераторов освоил Сианьский завод авиадвигателей.

Когда в 2004 г. изготовили первый ГТД, степень локализации производства не превышала 60%, сроки начала поставки серийных двигателей для строящихся кораблей не выдерживались. Так как закупленные в 1993 г. украинские ГТД (рис. 6) использовались для доработок и ресурсных испытаний, пришлось закупить за 15 млн. долл. еще четыре комплекта для двух кораблей пр. 052В.

Поскольку корпус корабля пр. 052В должен был стать базовой платформой для последующих модификаций с вооружением китайского производства, полная проектная мощность его пропульсивной установки соответствовала буксировочной мощности, определен-

ной по результатам модельных испытаний. Суммарная мощность двух украинских ГТД и двух немецких дизелей с учетом КПД главной редукторной передачи и валопровода была меньше этой величины, поэтому единственно возможной оказалась схема CODAG, а суммирующий редуктор требовалось спроектировать с достаточными запасами по мощности.

Весной 2002 г. на верфи «Цзяньнан» в Шанхае к спуску готовили два корабля пр. 052В, рабочие чертежи по вооружению согласовывались Северным ПКБ и сразу отправлялись на верфь. Головной D168 «Guangzhou» спустили на воду в мае 2002 г., D169 «Wuhan» – в октябре. После установки российского вооружения и завершения швартовных испытаний по отдельной программе D168 «Guangzhou» 15 июля 2004 г. официально

приняли в состав Южного флота ВМС НОАК. Морские испытания оружия с боевыми стрельбами проходили в 2005 г.

До окончания стапельного периода постройки головного корабля пр. 052С в 2003 г. радиолокационный комплекс Н/LJG 346 еще проходил испытания на борту опытового корабля, что было серьезным нарушением действовавших в КНР норм разработки систем оружия и вооружения.

Первый корабль пр. 052С с МФРЛК Н/LJG 346 с установкой вертикального пуска Н/AJK03 для ЗУР ННQ-9 и традиционным расположением пусковых установок крылатых ракет (YJ-62 с наклонным стартом) вступил в строй 18 октября 2005 г.

Таким образом, в начале 2000-х гг. для ВМС НОАК, кроме заказа четырех эскадренных миноносцев (пр. 956Э и пр. 956ЭМ), оказавшегося возможным в результате распада СССР, было построено шесть эсминцев третьего поколения. Сделав ставку при проектировании океанских кораблей охраны на собственные силы и выбрав в качестве стратегического объекта локализации перспективный ГТД советской разработки, Китай для сокращения временного разрыва поставок собственных систем оружия, обусловленного длительностью их создания, использовал в максимальной степени закупки корабельного оружия и вооружения в России. С получением результатов испытаний и эксплуатации первых двух кораблей пр. 052С, завершением перемещения производственных мощностей судостроительного завода «Цзяньнань» и полной локализацией производства ГТД начата серийная постройка кораблей пр. 052С, а затем – пр. 052D.

Аванпроект 055 был рассмотрен в декабре 2009 г. Исследовательское проектирование показало, что при выполнении в полном объеме требований тактико-технического задания (ТТЗ) и удовлетворением утвержденных общих требований с использованием производимого серийно вооружения и оборудования, а также при сохранении традиционных организации и методов проектирования водоизмещение корабля составит более 20 000 т. Поскольку усилия, предпринимавшиеся для уменьшения водоизмещения корабля на стадии эскизного проекта, которое выполняло НИИ-701 Государственной судостроительной корпорации, не приводили к желаемому результату, потребовалось не только изменить подходы к организации проектирования корабля и его основных боевых систем, но и пересмотреть исходные технические требования. В первую очередь, это касалось области электронных информационных технологий. ■

Продолжение следует

Борис Петрович Ионов родился 26 июня 1952 г. в Ленинграде. В 1969 г. окончил среднюю школу и в том же году поступил в Ленинградский кораблестроительный институт (ныне – Санкт-Петербургский государственный морской технический университет).

В 1975 г. окончил Кораблестроительный факультет института и по распределению поступил на работу в Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ).

В 1977 г. поступил в заочную аспирантуру по кафедре теории корабля ЛКИ, а в 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «теория корабля».

За время работы в ААНИИ Б. П. Ионов прошел путь от инженера до старшего научного сотрудника. Принял участие в работе более 20 арктических экспедиций, среди которых – поход атомного ледокола «Арктика» к северному полюсу, высокоширотный рейс атомохода «Сибирь» совместно с транспортным судном «Капитан Мышевский» из Мурманска к Берингову проливу, первая научная экспедиция на атомоходе «Сибирь» в приполюсном районе, зимовка на дрейфующей станции СП-29, Международная арктическая экспедиция на немецком ледоколе «Polar Shtern» и многие др.

В 1989 г. был избран членом Международного комитета опытовых бассейнов, в котором представлял сначала СССР, а потом Россию.

В 1996 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям «теория корабля» и «проектирование судов».

В 1997/98 учебном году – профессор кафедры теории корабля Санкт-

Б.П. ИОНОВУ – 70 ЛЕТ

*Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
контакт. тел. +7 (911) 091 1652*



Петербургского государственного морского технического университета.

В 1999 г. Борис Петрович поступил на судостроительный завод «Северная верфь» на должность начальника отдела маркетинга.

В 2008 г. перешел на работу в АО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК). Последняя должность в ОСК – ученый секретарь.

С 2014 г. по сентябрь 2021 г. по совместительству являлся профессором кафедры проектирования судов СПбГМТУ. В сентябре 2021 г. по конкурсу избран на должность профессора этой кафедры.

Распоряжением Президиума Российской академии наук (РАН) от

27.07.2016 № 10108–509 он был назначен экспертом РАН.

В 2017 г. переведен на должность заместителя главного инженера АО «ЦКБ «ОСК-Айсберг».

С 2001 г. по настоящее время Б. П. Ионов – член диссертационного совета при Нижегородском государственном техническом университете.

В 2020 г. назначен руководителем секции «Судовое машиностроение» научно-технического совета ОСК.

Б. П. Ионов – автор трех монографий: «Ледовое сопротивление и его составляющие» (Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 80 с.), «Ледовая ходкость судов» (СПб., Судостроение, 2001, 512 с. в соавторстве с Е. М. Грамузовым) и «Проектирование ледоколов» (СПб., «Судостроение», 2013, 506 с. в соавторстве с Е. М. Грамузовым и В. А. Зуевым), многих статей в журналах «Судостроение» и «Морской вестник».

За комплекс работ в области ледовых качеств судов удостоен премии Ленинского комсомола и премии Stenly Grey (Великобритания). Награжден медалью «За трудовое отличие» и знаком «Почетному полярнику».

Редсовет и редколлегия журнала «Морской вестник» поздравляют Бориса Петровича со знаменательной датой и желают ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов на благо отечественного судостроения.

Редакция журнала присоединяется к этим поздравлениям и надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество. ■



«Н едружественные» страны ввели максимально жесткие санкции, которые должны, по их мнению, «разорвать в клочья» российскую экономику.

В данной статье авторы попытались сформулировать свои предложения по выходу из сложившейся ситуации.

Проводимая Минпромторгом России на протяжении восьми лет политика импортозамещения позволила демпфировать беспрецедентные санкции, объявленные странами НАТО и их партнерами. Вместе с тем, несмотря на широкое декларирование приоритетного строительства судов на отечественных верфях, по некоторым оценкам, объем заказов на строительство новых судов на зарубежных верфях сопоставим с объемом заказов на отечественных верфях.

Вот несколько примеров. 28 октября 2021 г. на судовой верфи «Tersan» (Турция) на траулере «Георгий Мещеряков» поднят российский флаг. Траулер пополнил ряды промысловых судов «Океанрыбфлота». Контракт на строительство судна на этой турецкой судовой верфи по проекту норвежской компании «Скипстехник» был подписан в июне 2018 г. Судно спущено на воду 12 июня 2020 г. 21 января 2022 г. на этой же верфи заложили киль большого промыслового траулера для Тихоокеанской рыбопромышленной компании норвежской проектной компании «Skipsteknisk AS».

30 ноября 2021 г. на китайской судовой верфи «JiangSu DaJin» заложили сухогруз для ростовской компании «Астон». (это – одна из крупнейших компаний в России по производству продуктов питания и пищевых ингредиентов). Судно пополнил флот компании летом 2022 г. Также на судовой верфи строится аналогичное судно класса «река-море», спуск на воду которого был запланирован на апрель 2022 г. Это уже седьмой сухогруз, строящийся в Китае для данной компании. 21 января 2022 г. на судовой верфи «JiangSu DaJin» заложили киль восьмого сухогруза для той же компании «Астон».

9 ноября 2021 г. в Турции начали строить большой траулер для магаданской компании «Тихрыбком».

Новость от 18 января 2022 г. – «Норильский никель» построит ледокол на финской верфи «Helsinki Shipyard Oy». Строительство судна на СПГ должно завершиться в 2025 г.

Стоит напомнить, что в рамках Восточного экономического форума госкорпорация «Росатом», ПАО «ГМК «Норильский никель» и АО «Дальневосточный центр судостроения и судоремонта» заключили соглашение о совместном проектировании и строительстве первого двухтопливного дизель-СПГ ле-

САНКЦИИ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.В. Дударенко, ген. директор ООО «Судпромкомплект»,
Л.М. Клячко, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник АО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. (499) 748 9990

докола. Несмотря на это, «Норильский никель» начал реализацию этого проекта в Финляндии.

Не меньшее количество судов заказывается и в интересах государственных заказчиков. Так, ФГУП «Росморпорт» заказал два автомобильно-железнодорожных паромов на СПГ для функционирования по маршруту Усть-Луга – Калининград турецкой верфи «Kuzey Star». 1 января 2022 г. автомобильно-железнодорожный паром на СПГ проекта CNF19M «Маршал Рокоссовский» вышел с этой же верфи. Ранее, заказчику был поставлен первый паром этой серии «Генерал Черняховский».

Верфь «Wisop» в Наньтуне (в 135 км от Шанхая) поставит два корпуса дочерней компании Росатома – Атомэнерго-маш к октябрю 2023 г. и февралю 2024 г. Эта верфь в Наньтуне производит сегодня платформы для плавучих объектов СПГ и ветряных электростанций.

«Росатом» проводил конкурс на строительство первых двух корпусов плавучих АЭС для снабжения Баймского ГОКа только среди азиатских верфей. Победителем признана та же китайская верфь в Наньтуне, которая предложила самую низкую цену в 226 млн. долл*.

Головной ледокол пр. 21900М сейчас строится в Гамбурге на принадлежащих «Пелле» мощностях верфи «Pella Sietas»**.

Единственным претендентом на строительство ледокола 18 МВт для Севморпути за 13,3 млрд. руб. для Росморречфлота стала турецкая «Sefine Shipyard»***.

В июне 2021 г. «Росатом» и турецкая «Kuzey Star» подписали контракт на строительство плавучего дока под атомные ледоколы стоимостью 5 млрд. руб. 7 декабря 2021 г. на заводе «Kuzey» состоялась торжественная церемония резки металла, знаменующая начало строительства плавучего дока пр. FD05 грузоподъемностью 30 000 т. Строительство осуществляется по контракту с ФГУП «Атомфлот». Плавучий док предназначен для круглогодичной эксплуатации ФГУП «Атомфлот» в Кольском заливе и проведения доковых ремонтов ледоколов и судов атомно-технологического обеспечения, в том числе ремонта под-

водной части, очистки и окраски наружной обшивки, донно-бортовой арматуры, винторулевого комплекса, якорного устройства, замены протекторной защиты и других операций.

2 марта 2022 г. на турецкой верфи «Sefine Shipyard» состоялась закладка киля многофункционального аварийно-спасательного судна (МФАСС) мощностью 18 МВт для Морской спасательной службы.

Таким образом, российские государственные заказчики вносят существенный вклад в развитие зарубежного судостроения, способствуют развитию у них новых компетенций, которыми ранее обладали преимущественно российские верфи, как, например, в области создания ледокольного флота. Так, после строительства на судостроительных верфях Турции по заказу Росморпорта самых больших судов серии CNF19M «Генерал Черняховский» и «Маршал Рокоссовский» воодушевленные турецкие судостроители затеяли масштабное техническое перевооружение верфи в ожидании новых заказов.

Иногда заказы достаются и отечественным производителям. Так, контракт на строительство второго ледокола на 18 МВт для «Росморпорта» выиграло самарское предприятие «Нефтефлот». Специалисты отмечают, что по техническим параметрам этот завод не сможет выполнить заказ и, скорее всего, в качестве субподрядчика будет привлечена зарубежная верфь****, китайская или турецкая.

В чем причина такой любви государственных заказчиков к иностранным верфям? Выдвигают две причины: во-первых, отечественные верфи и так перегружены, во-вторых, государственный заказчик находится в строгих рамках лимитов финансирования, определенных бюджетом, и отечественные верфи в эти ценовые рамки не вписываются.

Печальный итог такой политики еще только предстоит оценить. Контракты заключались в валюте и расплачиваться придется по текущему курсу.

Авторы надеются, что введенные с февраля 2022 г. новые, максимально жесткие санкции, помогут переломить данную ситуацию.

Это не отменяет необходимости дальнейшего расширения государственных преференций для обеспечения эконо-

**** <https://www.kommersant.ru/doc/4948628>.

* «Коммерсантъ», 2021, №165 от 14.09.

** «Коммерсантъ», 2021, №148 от 20.08.

*** «Коммерсантъ», 2021, №130 от 27.07.

мической привлекательности строительства судов на отечественных верфях.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

В настоящее время развитие судостроительной промышленности России в целом определяется Стратегией развития судостроительной промышленности на период до 2035 года (далее – Стратегия), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 октября 2019 г. № 2553-р и Планом мероприятий по реализации Стратегии, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 5 ноября 2020 г. № 2868-р.

Данные документы направлены на создание нового конкурентоспособного облика судостроительной промышленности России на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации производственных мощностей, их модернизации и технического перевооружения, а также совершенствования нормативно-правовой базы для удовлетворения потребностей государства и иных заказчиков в современной продукции судостроительной отрасли.

Несмотря на то, что с момента принятия Стратегии прошло чуть более двух лет, изменение экономической ситуации в стране и мире ставит под угрозу реализацию инновационного сценария развития, который был принят в ней как базовый. Так, предполагалось развитие судостроения стабильными темпами на фоне устойчивого роста экономики, сопровождающегося плавным ростом курса доллара США по отношению к рублю. Реальные экономические условия кардинально поменялись, не соответствуют сценарным и требуют кардинальных изменений Стратегии и, соответственно, Плана мероприятий по ее реализации. Привязка к курсу доллара стала мнимой величиной. Необходимо опираться на прогнозные темпы развития экономики. При этом безотлагательной задачей является разработка первоочередных мероприятий по демпфированию последствий введенных санкций.

В связи с этим предлагается разработать новую редакцию Стратегии и, соответственно, новую редакцию Плана мероприятий по ее реализации. Это тем более необходимо в связи с тем, что Морская коллегия при Правительстве РФ 20 мая одобрила новую редакцию Морской доктрины РФ и признала целесообразным развернуть работу по уточнению и корректировке документов стратегического планирования морской деятельности.

Перспективы развития военного кораблестроения определяются Программой кораблестроения до 2050 г., которая

утверждена в мае 2014 г. Безусловно, с момента ее принятия произошло много изменений, в том числе в глобальной политической обстановке. События на Украине дают опыт использования ВМФ в локальных военных операциях. В связи с этим представляется целесообразным разработать новую редакцию Программы кораблестроения на 30 лет, не менее. В дальнейшем можно ее корректировать не реже одного раза в пять лет. Например, проводить ее разработку одновременно с очередной Государственной программой вооружения.

ОБЛАСТИ СУДОСТРОЕНИЯ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ ПОЛУЧИТЬ СТИМУЛ ОТ ВВЕДЕННЫХ САНКЦИЙ

Заккрытие портов для российских судов «недружественными» странами объективно повлекут за собой изменение направлений грузопотоков. Это должно стимулировать ускоренное развитие Северного морского пути.

Точно так же введенные санкции перенаправят туристические потоки с традиционных для россиян европейских направлений в другие регионы. Это дает шанс для серьезного скачка в развитии внутреннего туризма, в том числе круизного по внутренним водным путям, а также по прилегающим к территории Российской Федерации морям.

1. СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ

Президент РФ поставил задачу увеличить объем перевозок по Севморпути к 2024 г. до 80 млн. т.

Несмотря на то, что за последние пять лет грузопоток по Севморпути увеличился более чем в три раза, а в 2021 г. он достиг 35 млн. т, но это более чем в 2 раза ниже запланированного показателя.

В ходе оперативного совещания с вице-премьерами 21 марта 2022 г. премьер-министр РФ М.В. Мишустин заявил: «В условиях внешних антироссийских санкций крайне важно не прекращать активное развитие Северного морского пути. Это безопасные и надежные маршруты, которые проходят в пределах территориальных вод и исключительной экономической зоны нашей страны*». По итогам совещания подписано Постановление Правительства РФ о субсидировании из федерального бюджета льготных тарифов на перевозку грузов по Севморпути. Льготные тарифы будут установлены на перевозку между портами Санкт-Петербург и Мурманск и регионами Дальнего Востока. Ежегодный размер субсидии из федерального бюджета составит 560 млн. руб**.

В условиях антироссийских санкций необходимо продолжить активное развитие Севморпути. Цели и страте-

гические задачи его развития на ближайшую перспективу определены рядом документов, основные среди которых – Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. (с изменениями на 12 мая 2018 г., утвержденная Постановлением Правительства РФ и № 1734-р от 22.11.2008 г.); Государственная программа РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» (в ред. от 2.12.2019); Федеральный проект «Северный морской путь» в составе комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г. (утвержден распоряжением Правительства РФ №2011-р от 30.04.2018 г.); План развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 г. (утвержден Распоряжением Правительства РФ от 21 декабря 2019 г. № 3120-р).

Необходимо внести в вышеперечисленные документы соответствующие дополнения и изменения в интересах развития морских грузоперевозок по Северному морскому пути, развития ледокольного флота, создания судов ледового класса.

В настоящее время реализуется федеральный проект создания морских автономных надводных судов – МАНС.

Используя опыт подготовки и реализации первых этапов этого проекта, целесообразно подготовить и реализовать федеральный проект «Беспилотная Арктика», направленный на цифровую трансформацию обеспечения движения по Севморпути.

2. КРУИЗНЫЙ ФЛОТ

Перенаправление туристических потоков с традиционных для россиян европейских направлений в другие регионы дает шанс для серьезного скачка в развитии внутреннего туризма, в том числе круизного по внутренним водным путям, а также по прилегающим к территории Российской Федерации морям.

7 февраля 2022 г. в рамках Стратегии развития туризма в РФ до 2035 г. Правительством РФ утверждена Концепция развития круизного туризма в России до 2024 г. Она предусматривает увеличение количества морских и речных круизов в стране и призвана сделать такие путешествия более доступными и привлекательными для граждан. Реализация Концепции будет осуществляться в два этапа.

На первом этапе (2022 г.) предусматриваются формирование и реализация плана мероприятий («дорожной карты»), включая анализ законодательной базы, разработка нормативных правовых актов, направленных на реализацию положений Концепции, разработка и корректировка соответствующих

* РИА Новости, 21 марта 2022 года.

** REGNUM, 22 марта 2022 года.

государственных программ Российской Федерации с учетом основных направлений реализации Концепции, а также создание маршрутов круизного туризма.

На втором этапе (2023–2024 гг.) предусматриваются дальнейшее совершенствование мер поддержки развития круизного туризма, в том числе реализация скорректированных мероприятий утвержденной «дорожной карты», а также анализ промежуточных итогов реализации Концепции и развития круизного туризма в России. В рамках Концепции предусмотрено развитие инфраструктуры круизного туризма и совершенствование мер господдержки предприятий, участвующих в ее создании.

Также в планах – расширять маршрутную сеть российских круизов, в том числе в Арктике, Сибири и на Дальнем Востоке, создавать новые экскурсионные программы с посещением особо охраняемых природных территорий, развивать круизные направления, которые будут интересны не только взрослым, но и детям.

Согласно Концепции, к перспективным морским круизным маршрутам можно отнести: в Балтийском море – маршрут из Санкт-Петербурга с заходом в г. Пионерский Калининградской области, порты прибалтийских стран и стран Скандинавии; в Дальневосточном регионе – маршрут из Владивостока на Курильские острова, остров Сахалин, полуостров Камчатка, Командорские и Шантарские острова, полуостров Чукотка, остров Врангеля, в Японию и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона; в Каспийском море – маршрут «Открытие Великого шелкового пути» – г. Баку (Азербайджан) – г. Бэндер-Аббас (Иран) – г. Бендер-Энзели (Иран) – г. Нушехр (Иран) – г. Туркменбаши (Туркменистан) – г. Актау (Казахстан) – г. Астрахань (РФ) – г. Махачкала (РФ) – г. Дербент (РФ) – г. Баку (Азербайджан); кольцевой маршрут из порта г. Сочи по водам пяти морей, включая Черное, Эгейское, Адриатическое, Ионическое и Мраморное моря, с заходами в г. Пирей и на о. Санторини (Греция), Венецию (Италия), Стамбул (Турция), порты Румынии и Хорватии и возвращение в порт Сочи (РФ).

Перспективными круизными маршрутами являются маршруты «река–море». Суда смешанного плавания «река–море» дают возможность в одном круизе совершать путешествие по морям и внутренним водным путям без пересадок.

Развитие речных и озерных круизных маршрутов возможно с использованием причалов для приема круизных судов с отправлением из городов, расположенных на реках Волга (города Нижний Новгород, Казань, Самара) и Кама

(города Набережные Челны, Пермь), а также по озеру Байкал, рекам Лене и Печоре.

Безусловно, введенные санкции вносят определенные коррективы в данную Концепцию. В частности, закрытие европейских портов для захода российских судов откладывает реализацию маршрутов по Балтийскому морю из Санкт-Петербурга с заходом в порты прибалтийских стран и стран Скандинавии.

Вместе с тем сложившаяся ситуация требует ускоренной реализации круизных маршрутов по другим направлениям.

Российское судостроение уже накопило компетенции в строительстве круизных судов и способно к созданию соответствующих круизных лайнеров для оперирования на этих маршрутах. В 2020 г. введен в эксплуатацию четырехпалубный круизный теплоход «Мустай Карим» пр. PV300.

С определенными трудностями, но завершается строительство круизного теплохода «Петр Великий» пр. PV300VD. Московское речное пароходство планирует принять теплоход и ввести его в эксплуатацию в навигацию 2023 г. на каспийских маршрутах.

Строятся суда и для местных круизных маршрутов. На Городецкой судовой верфи круизной компанией «Гама» заказано два судна пр. ПКС-180 типа «Золотое кольцо».

В середине 2020 г. на Средне-Невском судостроительном заводе (СНСЗ) заложили пассажирское судно «Андрей Дубенский» пр. А45-90.2. По условиям контракта два судна этого проекта должны быть переданы заказчику в 2023 и 2024 гг.

Правительство РФ поручило Ростуризму до 1 июля 2022 г. разработать План мероприятий по реализации Концепции.

В связи с изложенным, предлагается:

- Ростуризму совместно с Минпромторгом России сформировать перечень круизных судов, необходимых для реализации предусмотренных Концепцией круизных маршрутов.
- Предусмотреть в Плате мероприятий по реализации Концепции меры по ускоренному строительству данных круизных судов на отечественных верфях.

3. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Начиная с 2014 г. в судостроении активно идет процесс импортозамещения. Разработаны и успешно реализуются различные программы и планы.

Создан Центр импортозамещения и локализации судового комплектующего оборудования (Центр СКО) при АО «ЦНИИ «Курс» в целях увеличения доли отечественного судового ком-

плектующего оборудования в проектируемых, строящихся, ремонтируемых и модернизируемых судах, обеспечения постоянного открытого информационного взаимодействия между участниками рынка отечественного судостроения, содействия развитию межрегиональных и межотраслевых связей российских производителей. В рамках Центра функционирует Единая электронная централизованная система судового комплектующего оборудования.

Центр СКО проводит постоянный мониторинг рынка СКО, сбор и систематизацию данных о возможностях отечественного производства СКО, выявляются технические и организационные проблемы отрасли, разрабатываются актуальные предложения по направлениям дальнейшего развития импортозамещения, предоставляются услуги в части проведения экспертиз проектов, подбора возможных инструментов и источников финансирования, технологических партнеров.

Одна из ключевых задач Центра СКО – формирование единой электронной централизованной системы судового комплектующего оборудования (ЕЭЦС СКО), которая будет содержать информацию об отечественных производителях и технических характеристиках продукции.

Кроме того, одной из важнейших задач Центра СКО являются оперативное взаимодействие и поддержка иностранных предприятий, которые планируют осуществить локализацию производства на территории РФ. Проводятся переговоры с зарубежными консульскими и дипломатическими представительствами и компаниями таких стран, как Нидерланды, Норвегия, Исландия, Турция.

Вместе с тем большое количество оборудования для гражданских судов поставляется из-за рубежа, в том числе из стран Евросоюза.

Безусловно, обеспечить полный замкнутый цикл производства таких сложных образцов техники, как современное судно, крайне сложно и вряд ли целесообразно.

Стоит отметить, что наиболее значительное влияние на развитие диверсификации на предприятиях судостроения оказывает реализация программы строительства промысловых судов с использованием принципа распределения «квот под киль» и субсидий российским организациям на строительство судов рыбопромыслового флота на верфях Дальневосточного федерального округа. При этом большая доля поискового и рыбопромыслового оборудования подпадает под новые санкционные списки. Тем самым отсутствие быстрого решения этой проблемы ставит под угрозу срыва все планы строительства рыбо-

промысловых судов «под киль».

В связи с этим, по мнению авторов, необходимо:

- провести «апгрейд» программ и планов по импортозамещению, оценив возможность и целесообразность создания образцов судового комплектующего оборудования на отечественных предприятиях,
- переориентировать поставки судового комплектующего оборудования на поставщиков из азиатского региона,
- в целях быстрее внедрения отечественных разработок, направленных на импортозамещение, предусмотреть возможность изменения порядка сертификации продукции в морском и речном регистрах с целью сокращения сроков этих процедур.

Так, например, российские верфи в основном используют судовые двигатели фирм Wärtsilä (Финляндия) и MAN (Германия). Судовые генераторы такой мощности в России не производятся, и их создание потребует значительных затрат как по времени, так и материальных.

Вместе с тем крупным игроком в этом сегменте международного рынка является китайская компания WinGD, фактически локализовавшая в своем производстве технологии Wärtsilä и ряда других западных компаний.

Китайская промышленность сделала в свое время громадный скачок за счет того, что не стеснялась прямого копирования лучших зарубежных аналогов.

Судя по дискуссиям, которые проходят в органах власти, правительство не склонно к применению такого рода «интеллектуального пиратства». Хотя, совершенно очевидно, что создание целого ряда комплексов «с нуля» также потребует значительного времени и средств, а текущее состояние не предоставляет нам ни того, ни другого.

Определенные шаги делаются и в этом направлении. Министерство промышленности и торговли РФ намерено принять документ, который, по мнению экспертов, позволит обойти запрет западных компаний на поставки их продукции в Россию. Речь идет о снятии ответственности за параллельный (так называемый «серый») импорт продукции – но не всей, а только «определенной номенклатуры». Параллельный импорт – это ввоз в страну товаров без разрешения правообладателя. Сейчас в России работает правило, при котором импорт продукции с товарным знаком на территорию страны должен осуществляться только с разрешения правообладателя*.

* <https://www.mk.ru/economics/2022/03/28/izvestiya-minpromtorg-predlozhit-chastichno-snyat-otvetstvennost-za-seryy-import.html>

При этом Гражданский кодекс Российской Федерации дает возможность пойти и по «китайскому» пути. Ст. 1360 Гражданского кодекса гласит: «Правительство Российской Федерации имеет право в интересах обороны и безопасности разрешить использование изобретения, полезной модели или промышленного образца без согласия патентообладателя с уведомлением его об этом в кратчайший срок и с выплатой ему соразмерной компенсации».

Следует заметить, что китайцы в свое время о своих действиях никого не уведомляли и компенсаций никому не платили.

В России в настоящее время создан серьезный задел по технологиям реверс-инжиниринга в судостроении (Например, в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете).

Реверс-инжиниринг позволяет проводить исследование некоторого готового устройства или программы, а также документации на него с целью понять принцип его работы и последующего воспроизведения этого устройства, программы или иного объекта с аналогичными функциями. В ходе реверс-инжиниринга воспроизводится модель исследуемых устройств, создается прототип, воссоздается технология и разрабатывается документация на образец-аналог. В ходе создания объекта аналога могут вноситься отдельные изменения, что позволяет избежать обвинений в прямом копировании.

Таким образом, предлагается:

- Правительству РФ определить порядок введения в действие Ст. 1360 Гражданского кодекса РФ в интересах обеспечения ускоренного импортозамещения судового комплектующего оборудования, при необходимости внести в эту статью необходимые изменения и дополнения;
- принять меры к ускоренному внедрению реверс-инжиниринга при создании судового комплектующего оборудования, определить первоочередные объекты судового комплектующего оборудования для использования этой технологии.

Немаловажным фактором при внедрении импортозамещающей продукции может стать и возможность упрощения порядка сертификации продукции в морском и речном регистрах с целью сокращения сроков проведения этих процедур, а также временно ограничить введение новых требований к обеспечению экологической, технологической и транспортной безопасности, а также проведение контрольно-надзорных мероприятий по данным направлениям, если это не связано с критическими ситуациями по защите жизни и здоровья людей.

4. ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

Состояние с электронной компонентной базой (ЭКБ) не менее критично, чем с судовым комплектующим оборудованием.

Ориентация в российском судостроении на интегральную микросхемную электронику, процессоры, графические процессоры и адаптеры, материнские платы и чипы таких американских производителей, как AMD и Intel, требуют срочного поиска аналогов у азиатских производителей.

Определенные меры принимаются для развития отечественной ЭКБ. В целях обеспечения импортозамещения ЭКБ, используемой при производстве морской техники, в рамках госпрограммы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности» планируется предоставлять субсидию с целью финансового обеспечения части затрат на создание ЭКБ и заделов для этого, а также модулей. Также Минпромторгом России совместно с АО «Корпорация морского приборостроения» осуществляется формирование комплексных проектов в области судового приборостроения на 2021–2035 гг. в обеспечение безусловного внедрения отечественных разработок.

Но в обозримом будущем вряд ли стоит рассчитывать на полное импортозамещение.

Вместе с тем производство В и ВТ в России полностью ориентировано на отечественную ЭКБ. Использование ее в производстве В и ВТ показало свою надежность и эффективность, в том числе в ходе специальной операции на Украине. В связи с этим вспоминается популярное в 90-е гг. прошлого века термин «конверсия», т.е. перенос военных технологий в гражданскую сферу.

Исходя из изложенного, предлагается сформировать:

- программу замещения поставок ЭКБ из «недружественных стран» поставками из стран азиатского региона,
- корпоративную заявку на разработку ЭКБ в интересах предприятий судостроения в госпрограмму «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности»,
- программу конверсии ЭКБ применяемой при производстве В и ВТ для гражданского применения.

5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В целях обеспечения перехода на использование отечественного программного обеспечения принят ряд мер государственной поддержки. Предполагается, что к 2024 г. будет обеспечено применение организациями судостроительной

промышленности отечественных систем автоматизированного проектирования на уровне не менее 75%, систем инженерных расчетов – не менее 50%, а систем управления данными об изделии исключительно отечественной разработки.

В современных условиях при создании любых видов техники программное обеспечение (soft) имеет даже большее значение, чем аппаратная часть (hard). И доля soft в общей стоимости изделия со временем все более и более повышается и уже сейчас составляет более 50%.

Поэтому уход из России Microsoft, IBM, Oracle и других поставщиков soft таит не меньшую опасность, чем прекращение поставок ЭКБ.

Безусловно, необходимо проводить собственные разработки программного обеспечения, баз данных и топологий для интегральных микросхем.

В условиях возможного блокирования лицензий уже закупленного программного обеспечения, можно опять вспомнить уже упоминаемую ст.1360 Гражданского кодекса РФ.

Одновременно правительство принимает меры по поддержке специалистов, занимающихся IT-разработками: отсрочка от службы в армии, льготная ипотека, трехлетнее освобождение предприятий от налога на прибыль и др.

Изложенная тенденция к росту доли программного обеспечения в общей стоимости конечного изделия особенно отчетливо проявляется при разработке изделий морского приборостроения. Основной вклад в обеспечение необходимых функциональных и технологических показателей этих изделий вносят именно IT-разработки.

В связи с изложенным предлагается рассмотреть возможность распространения льгот и преференций, направленных на поддержку IT-отрасли, на предприятия морского приборостроения.

Необходимо подчеркнуть, что введенные санкции объективно дадут импульс для решения еще одной застарелой проблемы судостроения.

Широкое использование CAD/CAM/CAE технологий в проектно-конструкторских бюро опирается на такие зарубежные продукты, как Katya, FVEVA, FORAN и др. При этом в каждом отдельно бюро исторически произошел выбор в пользу одной из этих систем. Неоднократные попытки, хотя бы в рамках Объединенной судостроительной корпорации, провести унификация используемых в различных системах проектирования, единой для всех проектно-конструкторских бюро и судостроительных судоремонтных предприятий, к существенному результату не привели.

По мнению экспертов, несмотря на введенные санкции, действующие системы способны функционировать и обес-

печить проектирование кораблей и судов еще по крайней мере два-три года.

Это время необходимо использовать для разработки отечественной импорто-опережающей системы проектирования, которая по факту станет единой базовой системой для всех предприятий, включенных в контур судостроительной промышленности. Тем самым автоматически будет решена эта застарелая проблема унификации CAD/CAM/CAE технологий в судостроении.

6. СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Не менее важным, чем импортозамещение, является сервисное обслуживание, в том числе того судового комплектующего оборудования, производители которого ввели санкции.

Судовладельцы привыкли, что производители основного судового комплектующего оборудования имеют разветвленную сеть сервисного обслуживания во всех крупных портах мира. Сервисное обслуживание, ремонт, доставка запчастей осуществляется непосредственно в месте нахождения судна в кратчайшие сроки. Некоторые фирмы гарантируют доставку запчастей в течение 24 часов.

Для российского судового комплектующего оборудования такая сеть в зарубежных портах практически отсутствует. Создание такой сети для каждого отдельного российского производителя судового комплектующего оборудования является сложно решаемой задачей. А страны, объявившие санкции, не будут осуществлять сервисное обслуживание и поставку запчастей для оборудования, произведенного национальными компаниями.

Учитывая, что «недружественные страны» закрыли свои порты для российских судов, следует ожидать перенаправление основных маршрутов отечественного морского транспорта в сторону азиатского региона.

В связи с этим необходимо рассмотреть возможности:

- создания единой сервисной сети для всех российских производителей судового комплектующего оборудования,
- для судов под флагом РФ и не совершающих международные рейсы временно осуществлять российскими компаниями регламентное сервисное обслуживание и ремонт судового оборудования без получения сертификации от ряда зарубежных компаний, которые прекратили работу с российскими предприятиями и перестали оказывать техподдержку для российских компаний,
- заключения договоров на сервисное обслуживание и ремонт судового оборудования с зарубежными

(азиатскими) компаниями из стран, не поддержавших санкции.

7. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Одна из любимых антикризисных мер, регулярно предлагаемых Минфином, – сокращение ассигнований на научные исследования и разработки.

Один из авторов в свое время руководил российско-финской рабочей группой по судостроению. Экономический кризис в Финляндии начала 90-х гг. прошлого века был самым тяжелым за всю историю этой страны. Его последствия были даже более сильными, чем спад экономики, которая в большей степени была ориентирована на связи с Советским Союзом – более 20% всего экспорта.

С распадом Советского Союза на соответствующую долю упал ВВП страны. Безработица выросла с 3,5% почти до 20%. В этих условиях Финляндия удвоила ассигнования на научные исследования и разработки. В результате, на 90-е гг. пришелся также взлет информационных технологий. Фирма «Нокиа» стала европейским лидером в производстве мобильных телефонов. В 1995–2001 гг. доля электроники в ежегодном валовом национальном продукте удвоилась, т. е. возросла с 8 до чуть менее 16%. И этот рост продолжался до тех пор, пока фирму «Нокиа» не купили американцы.

Среди судостроительных технологий можно упомянуть совместную разработку в Финляндии судостроительной компанией Квернер Маса-Ярдс и АББ винторулевых колонок Azipod. Без этих устройств невозможно представить ни одного современного судна. Россия вынуждена также закупать эти системы. Существующие отечественные образцы производят только в относительно малом мощностном диапазоне.

По мнению авторов, данная мера – увеличение ассигнований на НИОКР – должна стать основной и в современных российских условиях. Все остальные меры являются демпфирующими и «догоняющими». России в целом и судостроению в частности необходим опережающий путь развития. Это возможно только за счет поиска новых прорывных решений, позволяющих сделать качественный скачок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные авторами меры не являются исчерпывающими и бесспорными. Вместе с тем указанные предложения были рассмотрены на заседании Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве РФ от 5 апреля 2022 г. и основные из них согласованы с профильными ведомствами (Минсельхоз, Минпромторг, Минтранс). ■

В России финансовые проблемы верфей зачастую решаются косвенно через обеспечение заказами. Между тем судостроители, определив характерные для отрасли проблемы, обозначили, какие меры господдержки будут способствовать их решению. Например, в ОСК считают, что прежде всего необходимо рассмотреть возможность изменения размера таможенных пошлин на импорт судового комплектующего оборудования, а также внесения некоторых изменений в Постановление Правительства РФ № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (от 17 июля 2015 г.) в части гармонизации требований к локализации судового комплектующего оборудования в отношении видов судов. В то же время современная сложнейшая ситуация требует разработки принципиально иных решений в условиях тотального ограничения зарубежных поставок. Основные поставки из стран Евросоюза для строительства наших гражданских судов – это в первую очередь двигатели высокой мощности и процессоры. Основными поставщиками двигателей являются финская Wärtsilä, немецкий MAN, на третьем месте китайская WinGD. Однако полноценного понимания масштаба влияния иностранных санкций на российское судостроение пока нет. Скорее всего, такое влияние не будет столь уже критичным.

Отечественному судостроению крайне необходимы оперативные меры господдержки по субсидированию строительства сложных, крупных судов, например, атомных ледоколов, судов-газовозов, судов-продуктовозов на газомоторном топливе и др. Следует особенно подчеркнуть, что Балтийский завод, строя самые крупные в мире атомные ледоколы, несет серьезные убытки. С позиции здравого смысла такое положение трудно объяснить.

Будет своевременным распространить нулевую ставку НДС на все виды судоремонта. Применение такой ставки НДС позволит предприятиям отрасли, в том числе предприятиям ВПК, применять налоговые вычеты, что положительно скажется на их экономическом положении, а также повысит конкурентоспособность отечественного судоремонта.

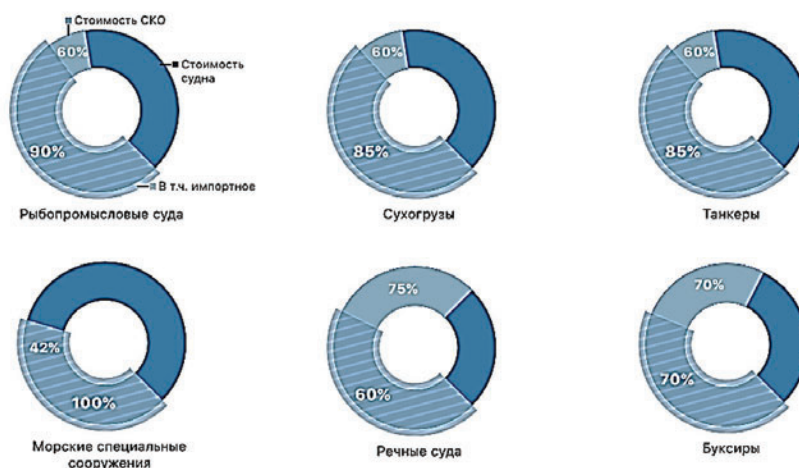
Главную роль в развитии современного судостроительного производства в мире играет «филогенез» – создание новых технологий силами науки. Отечественному судостроению сегодня, как никогда ранее, не достает современных технологий и должной, научно обоснованной поддержки государства.

Кроме этого, в ОСК предлагают рассмотреть возможность введения го-

РАЗМЫШЛЕНИЯ О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГРАЖДАНСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

ЧАСТЬ 2*

О.В. Савченко, канд. техн. наук, ген. директор,
В.Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.,
заслуженный деятель науки РФ, науч. руководитель,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 6582



Текущая ситуация на рынке отечественного комплектующего оборудования применительно к судам различного типа и назначения

сударственных субсидий предприятиям Дальнего Востока, расположенным в районах Крайнего Севера и приравненным к ним местностях от предлагаемой ими цены контракта с утверждением соответствующего перечня товаров, работ, услуг.

Условия хозяйствования предприятий, расположенных в районах Крайнего Севера и приравненным к ним местностям, в первую очередь фондоемких отраслей, таких как судостроение и судоремонт, не позволяют на равных конкурировать с подобными предприятиями, расположенными в иных местностях с благоприятным климатом и развитой логистической сетью.

Повышение спроса на гражданскую продукцию должен быть связан прежде всего с решением задач по обеспечению стратегического присутствия России в Арктике, транспортной и продовольственной безопасности отдельных регионов, развития Севморпути.

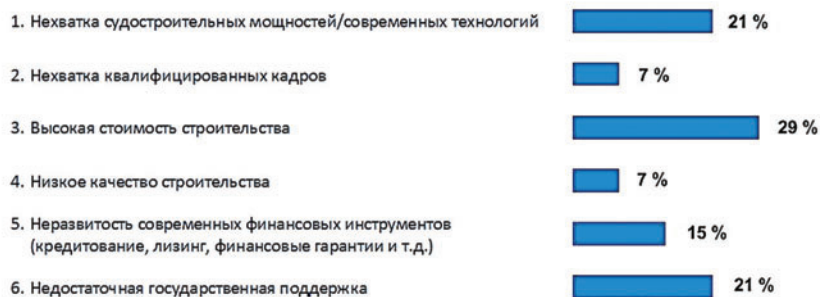
При этом для строительства сложных и современных судов необходимо не только модернизировать действующие верфи, но и строить новые высоко технологичные судостроительные мощности. В рамках решения этой задачи в России реализуются несколько крупных стратегических инвестиционных

проектов. Одна из важных задач транспортной отрасли страны – замещать выходящий флот и наращивать объемы судостроения.

Доля нового бизнеса лизинга речных и морских судов за последние три года увеличилась в 4,5 раза. Это свидетельствует о прочном проникновении этого финансового инструмента в отрасль водного транспорта. Однако на сегодняшний день НДС является определенным стоп-фактором для еще большего проникновения лизинга в судостроительную отрасль. Дело в том, что существует специальная норма: при строительстве судов на российских верфях и при последующей их регистрации в Российском международном реестре судов первый приобретатель не платит НДС. При этом лизинговая услуга всегда облагается НДС, за исключением авиации. Чтобы избежать удорожания судов на сумму НДС при лизинге, можно, например, рассмотреть возможность отмены этого налога по аналогии с авиационной отраслью. Лизинг – это инструмент финансирования. И главный вопрос, который возникает, насколько он выгоден для судостроителей по сравнению с кредитом.

Для промышленных организаций судостроительной отрасли характерна

* Окончание. Начало см. «Морской вестник», 2022, №2 (82)



Основные проблемы современного российского судостроения и кораблестроения

зависимость от заемных средств, что связано со спецификой их деятельности – высокими издержками, большими объемами закупок судового комплектующего оборудования и материалов, а также длительными сроками строительства кораблей, судов и морской техники.

Использование заемных и кредитных средств, высокая процентная ставка по кредитам, а также нерешенные проблемы ценообразования на продукцию по государственному оборонному заказу негативно влияют на финансово-экономическое состояние организаций судостроительной отрасли. В связи с этим образовалась высокая накопленная кредитная нагрузка.

В последние годы в промышленном секторе судостроения коэффициент долговой нагрузки (показатель долговой нагрузки (ПДН) – это соотношение всех платежей по кредитным обязательствам к доходам) составил около 4, в научном секторе 1,5. При этом для нормальной хозяйственной деятельности организации значение этого коэффициента не должно превышать 2.

Ввиду длительного производственного цикла строительства кораблей, судов и морской техники использование индексов-дефляторов и индексов потребительских цен при расчете себестоимости продукции судостроения не соответствует реальному росту инфляции.

Уровень научно-технического развития судостроительной отрасли определяет ее возможности по созданию качественно новой конкурентоспособной морской техники. Созданный ранее научный задел к настоящему времени практически исчерпан, что приводит к значительному отставанию от мирового уровня по ряду направлений создания кораблей, судов и морской техники.

Основные препятствия модернизации отрасли судостроения являются внутренними. Большие возможности для улучшения производительности труда и снижения себестоимости продукции скрыты в наших неэффективных бизнес-процессах (например, чрезмерная, необоснованная закрепитованность предприятий), в низком уровне автоматизации (отсутствие цифровых двойни-

ков производств, степень автоматизации южнокорейских верфей составляет 70%, китайских – 25–30%, отечественных менее 7–9%), в устаревших стандартах и технических спецификациях, в низкой производственной и исполнительской культуре и дисциплине, которые сопротивляются делегированию полномочий, а также в чрезвычайно высоком множестве уровней управления.

Удивительно, но в последние годы продажи за рубежом российского программного обеспечения установили рекорд как по объему, так и по динамике прироста: например, по итогам 2018 г. экспорт софта из России превысил 10 млрд. долл. (Столько же зарабатывает наша страна на экспорте зерна. Россия в 2020 г. поставила оружия за рубеж на сумму около 15 млрд. долл.). В то же время только 10% программного обеспечения, которое используется российскими госкомпаниями, является отечественным. Вместе с тем по планам правительства до 2024 г. все госструктуры РФ должны перейти на отечественное ПО.

Важнейшей материальной составляющей научного потенциала отрасли и одним из определяющих факторов развития как оборонно-промышленного комплекса, так и судостроения, является опытно-экспериментальная база. Основная проблема ее развития – в недостаточной нагрузке. Это приводит к проблемам финансово-экономического характера, связанными с высокими накладными расходами на организацию и проведение испытаний. Эти проблемы практически не допускают проведение плановой модернизации и обновление экспериментальной базы.

Высокая трудоемкость и стоимость создания новых образцов продукции гражданского и военного судостроения по сравнению с иностранными аналогами, отсутствие у разработчиков достаточных компетенций, недостаточная подготовленность научно-технической и технологической базы к плавному переходу от военного кораблестроения к гражданскому судостроению также оказывают негативное влияние на развитие производственных мощностей организаций судостроительной промышленности.

Кроме того, у производителей судостроительной продукции в ряде случаев отсутствует опыт использования отечественных разработок, что является для них источником рисков, в том числе в части обеспечения качества продукции, выполнения гарантийных обязательств и осуществления сервисного обслуживания.

По мнению ряда специалистов, эффективность российского судостроения может быть повышена на 40% только за счет увеличения серийности производства. Также значительный вклад в повышение эффективности отрасли должны внести повышение точности судостроительных работ (+25%), использование интегрированных функционально насыщенных блоков (+10%), роботизация (+8%), внедрение технологии гибридно-лазерной дуговой сварки (ГЛДС) (+7%) и фасеточной гибки (+5%).

Анализ тенденций развития мирового судостроения на рубеже веков позволяет обозначить генеральные направления, формирующие образ перспективных судостроительных технологий:

- Cals-технологии для проектирования, строительства и ремонта судов и кораблей.
- высококонцентрированные источники энергии. Обработывающие центры. Комплексная автоматизация и роботизация;
- наукоемкие сварочные технологии;
- нанотехнологии для судостроения;
- автоматизированные бесконтактные измерительные системы;
- термоэлектрические системы;
- высокоэффективные ремонтные технологии;
- современные технологии судовой арматуры и др.

Перспективными для определенной группы изделий следует считать и аддитивные технологии.

Современный уровень развития технических и программных средств в мире, средств коммуникации позволяет перейти к принципиально новым методам проектирования, строительства и обеспечения эксплуатации судов и кораблей, основанных на едином информационном пространстве и обеспечивающих информационную поддержку всех стадий жизненного цикла судна (ИПИ (CA1S)-технологии).

Судостроение стала одной из первых отраслей промышленности, проявивших интерес к технологическим лазерам. Однако широкого распространения в отечественном судостроении лазерные технологии до настоящего времени не получили, прежде всего, из-за отсутствия на рынке промышленных образцов технологических лазеров необходимой мощности (не менее 2 кВт для резки деталей корпусов судов и 15 кВт для свар-



Аддитивные технологии, позволяющие разрабатывать оптимизированные сверхсложные технологии

ки корпусных конструкций), отличающихся надежностью работы в типичных для судокорпусостроения тяжелых производственных условиях.

Особое место в структуре судокорпусного производства должны занять региональные производства (центры), пропускная способность которых рассчитана на удовлетворение потребности нескольких предприятий. Не меньшее значение имеют наукоемкие сварочные технологии.

В настоящее время на рынке судостроительных технологий сформировалась инструментальная база высокоточных средств контроля размеров и форм конструкций – оптические, оптико-электронные и оптико-лазерные теодолиты, дальнометры и тахеометры.

Структура научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций не обеспечивает должный уровень взаимодействия с промышленными организациями отрасли, что обуславливает низкую эффективность решения оперативных и долгосрочных задач в области развития науки и техники, управления результатами интеллектуальной деятельности и обеспечения защиты интеллектуальной собственности.

В современной высокотехнологической промышленности, каковой является судостроение, в глобальной конкуренции произошло смещение центра тяжести исследований и объема финансирования на этап проектирования. При цифровом жизненном цикле (ЖЦ) происходит увеличение затрат на начальных этапах, что позволяет обеспечить управление ЖЦ и снижение затрат на стадии эксплуатации и в целом на ЖЦ.

Сегодня дальнейшее развитие судостроения в мире рассматривается с позиции создания «умных верфей». Задача

«умной верфи» – объединить на единой цифровой платформе процессы проектирования, подготовки производства, закупок материалов и оборудования, строительства судна и его послепродажного обслуживания. Важное место занимает и автоматизация производственных процессов – например, изготовления корпусных конструкций. Еще один важный тренд – предиктивная аналитика и симуляторы, позволяющие предвидеть возможные ситуации вместо того, чтобы заниматься поиском причин уже случившихся событий.

В заключение еще раз подчеркнем, что внутренний рынок гражданского судостроения представлен судами и морской техникой различного назначения, основными из которых являются транспортные, в том числе пассажирские, суда, суда рыбного промысла, суда вспомогательные суда и суда технического флота, суда и морская техника для освоения континентального шельфа.

Распоряжением Правительства РФ от 28 октября 2019 г. № 2553-р «Об утверждении Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 года» утверждена Стратегия развития отрасли.

Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 г. определяет основные направления государственной политики в сфере развития судостроительной промышленности РФ на период до 2035 г.

Стратегия направлена на создание нового конкурентоспособного облика судостроительной промышленности Российской Федерации на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации производственных мощностей, их модернизации и технического перевооружения, а также совершенствований нормативно-право-

вой базы для удовлетворения потребностей государства и иных заказчиков в современной продукции судостроительной отрасли.

Цель стратегии – обеспечить создание современных судов и нарастить объем производства в 2,2 раза. Для этого к 2035 г. основные производственные фонды отрасли должны быть загружены на 80%, планируется также увеличить производительность труда в 2 раза и повысить долю ответственных составляющих в стоимости конечной гражданской продукции до 75%.

Правовую основу Стратегии составляют Конституция РФ, федеральные конституционные законы, федеральные законы, а также правовые акты Президента РФ и Правительства РФ.

Мероприятия по дальнейшему развитию судостроительной промышленности на период до 2035 г. включают:

1. Решение задач в области строительства боевых кораблей, судов обеспечения, вооружения, военной и специальной техники для ВМФ, включая:
2. Решение задач в области гражданского судостроения, в том числе:
 - совершенствование системы государственного регулирования в области планирования и реализации базовых, перспективных и прорывных разработок в обеспечение существенного повышения функциональных, экономических и технико-эксплуатационных параметров продукции гражданского судостроения, создания принципиально новых изделий;
 - разработку и внедрение передовых высокоэффективных производственных технологий, средств автоматизации и роботизации производства, новейших систем качества в организациях отрасли;

- разработку и реализацию мер, направленных на увеличение объемов производства экспортной продукции, включая меры по обеспечению ее ценовой конкурентоспособности.

3. Решение задач в области судового комплектующего оборудования.

4. Решение задач в области научно-технического развития судостроительной промышленности, включая:

- финансирование фундаментальных и поисковых исследований в обеспечение создания опережающего научного задела в интересах судостроения;
- обеспечение устойчивого финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание поддерживающих и перспективных промышленных технологий;
- обеспечение первоочередной поддержки развития технологий в приоритетных областях, таких, как импортозамещение, экспортно ориентированная продукция, продукция для внутренних потребителей с высокой добавленной стоимостью и серийностью;
- проведение научных исследований в области прорывных и перспективных технологий (выявление прорывных технологий, разработанных в иностранных государствах, имеющихся и перспективных компетенций отечественного судостроения);
- стимулирование развития научных школ в судостроении, приборостроении, машиностроении и электротехнике;
- стимулирование внедрения разработок на ранних стадиях жизненного цикла (опытная эксплуатация судов и оборудования, создание опытных судов);
- мониторинг и контроль за деятельностью научно-исследовательских организаций и выполняемыми научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами;
- совершенствование методических материалов и создание информационной платформы по выявлению, инвентаризации, классификации, экспертизе, постановке на учет, а также уступке и передаче прав на результаты интеллектуальной деятельности;
- стимулирование организаций отрасли к выявлению и инвентаризации

имеющихся у них результатов интеллектуальной деятельности;

- обеспечение защиты интеллектуальной собственности предприятий отрасли и патентной чистоты выпускаемой продукции;
- совершенствование структуры научно-исследовательских организаций в целях обеспечения их соответствия задачам, решаемым в области развития судостроительной науки и техники;
- разработку и реализацию проектного подхода в деятельности научно-исследовательских организаций;
- реализацию мероприятий, направленных на разработку и применение отечественного программного обеспечения, цифровых моделей и виртуальных лабораторий в рамках цифрового научного центра судостроения.

5. Решение задач в области судоремонта.

6. Решение задач в области планирования, управления производством в организациях судостроительной промышленности и обеспечения их финансовой устойчивости.

7. Решение задач в области развития кадрового потенциала судостроительной промышленности.

В настоящее время, согласно проведенному исследованию рынка судостроения, номенклатура и объемы производства российских предприятий не покрывают в полной мере имеющиеся потребности судостроения. Однако отечественная судостроительная промышленность обладает достаточным научно-техническим, производственно-технологическим потенциалом, для того, чтобы производители могли в ближайшее время занять ведущие позиции в сегменте строительства судов гражданского флота, а потребность в комплектующих изделиях российского производства, обладающих техническими и эксплуатационными характеристиками, не уступающими зарубежным аналогам, будет только возрастать.

Кроме того, необходимо выстроить работу с другими иностранными производителями, лояльно относящимся к РФ, для организации локализованного производства, для чего сегодня создаются благоприятные условия. При этом ключевым фактором является стабильность российского законодательства и соблюдение государством принятых на себя обязательств, что позволит привлекать исполнителей долгосрочных

проектов по локализации и импортозамещению в целом.

Вполне очевидно, что развитие собственного производства широкой номенклатуры продукции судостроительной промышленности позволит Российской Федерации проводить самостоятельную и независимую политику, направленную на обеспечение технологической безопасности страны. И для решения столь сложной задачи необходим комплексный системный подход, предполагающий тесное взаимодействие государства, бизнеса, науки, что в результате позволит выстроить оптимальную программу развития всей отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. ФЦП России «Об основных направлениях развития гражданской морской техники на 2009–2016 годы», 19 ноября 2007 г.
2. Российское научно-техническое общество судостроителей сохраняет традиции новаторства // Российская газета. – 2016. – Спецвыпуск № 6992 (124). – 9 июня.
3. История отечественного судостроения. – В 5 т. / Под ред. акад. И. Д. Спасского. – СПб.: Судостроение, 1994–1996.
4. Габрафиков Ю. М., Ваучский А. Н., Гришин Ю. Н., Маковий Н. Ф. Порядок определения цен на строительство гражданских судов: новый или еще не забытый старый? // Судостроение. – 2021. – № 2 (855). – Март–апрель.
5. Потряхаев В. В., Фомичев А. Б. Проблемные вопросы определения, планирования и учета трудоемкости при строительстве кораблей, судов и пути их решения // Судостроение. – 2021 г. – № 2 (855). – Март–апрель.
6. Торопчин А. И., Аранович В. Ю., Александров Е. В. Создание Северо-Западного судостроительного кластера и модернизация производственных мощностей его потенциальных участников в обеспечение реализации Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 г. // Судостроение. – 2021. – № 6 (859). – Ноябрь–декабрь.
7. Стефанова Т. Г., Куганов В. Г., Розанова С. К., Кузнецова Т. Н. Эволюция менеджмента качества и развитие судостроения // Судостроение. – 2021. – № 6 (859). – Ноябрь–декабрь.
8. Чаруна В. М., Левчук К. С. Проблемы формирования и согласования цен на строительство объектов морской техники для естественных монополий // Судостроение. – 2021. – № 6 (859). – Ноябрь–декабрь.
9. Александров М. В. История сотрудничества АО «ИТСС» и АО «ИС «Звездочка» // Судостроение. – 2019. – № 3 (844). – Май–июнь. ■

В корпусостроении широко применяются конструкторские и технологические документы на бумажных и электронных носителях. Наибольший объем технологической документации на бумажных носителях используется при изготовлении узлов, секций и блок-секций в корпусосборочном производстве и на стапеле.

С развитием «цифровых технологий» все больше внимания уделяется современным средствам отображения информации, которые могут заменять традиционные способы передачи и отображения информации – бумажные технологические документы.

1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕНДОВ

Секции с криволинейными обводами изготавливаются на сборочных стендах (постелях), представляющих собой стальные каркасы, выполненные по габариту секции (рис. 1).

Сборочные стенды относятся к наиболее крупной по объему оснастке. Несмотря на большие конструктивные различия, все они характеризуются наличием лекальных рабочих поверхностей, определяющих форму и размеры изготавливаемых в них секций.

Сборочные стенды предназначены для сборки плоскостных, объемных секций, установки набора, где в качестве сборочной базы, как правило, используется поверхность наружной обшивки.

При изготовлении сборочных стендов комплект корпусосборочной технологической документации включает в себя чертеж с информацией, необходимой для изготовления шаблонов для причерчивания лекал сборочного стенда (рис. 2).

По данной информации изготавливаются фанерные шаблоны, по которым выполняется необходимая подрезка лекал сборочного стенда.

2. СОВРЕМЕННОЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

К настоящему времени появилось множество лазерной измерительной техники, которая может быть использована для разметки и контроля криволинейных контуров и поверхностей, включая различные тахеометры, трекеры, 3D-сканеры, проекторы (рис. 3).

В таблицах 1–4 приведены их основные технические характеристики.

Лазерный трекер – измерительный прибор, в основе работы которого лежит принцип слежения за отражателем с помощью луча лазера для точного измерения и обследования свойств объекта в трехмерном пространстве с целью создания прототипов изделий, оптимизации процессов и решения имеющихся задач. Все измерения лазерным трекером выполняются на специальную визирную цель.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРОЕКЦИРОВАНИЯ В КОРПУСОСТРОЕНИИ

А.А. Кутенев, канд. техн. наук, доцент СПбГМТУ,

М.М. Корзин, начальник сектора ПКБ «Севмаш» АО ПО «Севмаш»,

А.Б. Фомичев, д-р техн. наук, проф., и.о. зав кафедрой технологии судостроения,

М.Ю. Щигорцов, ассистент кафедры технологии судостроения, СПбГМТУ,

контакт. тел. +7 (981) 739 6228, office@almaz-kb.ru,

pkb92@sevmash.ru, fomichev61@mail.ru, shchmikhail@corp.smtu.ru

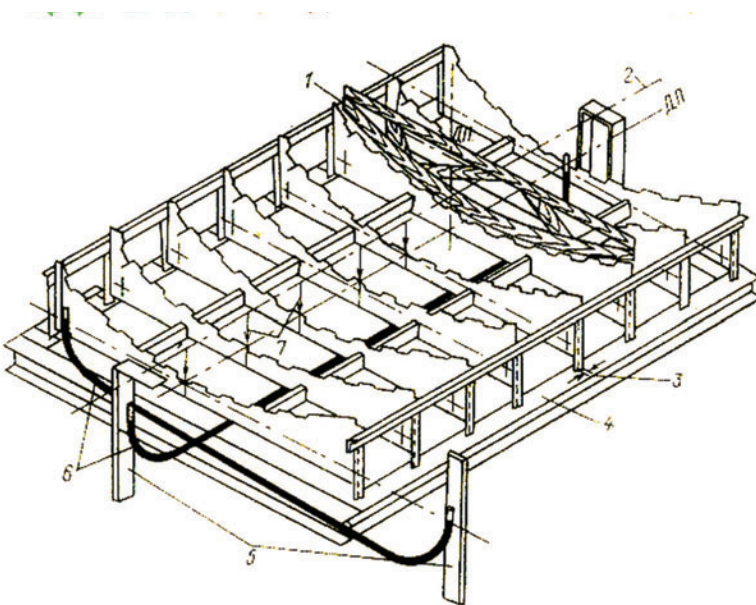


Рис. 1. Пример подготовки лекального сборочного стенда при помощи фанерного шаблона и простейших технологических средств

1 – плазовый шаблон; 2 – струна; 3 – отклонение лекала от теоретической линии, нанесенной на раме постели; 4 – рама постели; 5 – стойки; 6 – ватерпас; 7 – весок

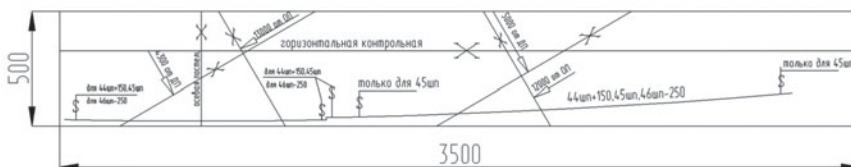


Рис. 2. Пример информации для изготовления шаблонов для причерчивания лекал постели



Рис. 3. Современные средства измерения

Таблица 1
Характеристики трекеров

Характеристика	Марка трекера	
	API OMNITRAC2	Leica AT403
Дальность, м	100	160
Пространственная погрешность $U(x, y, z)$, мкм	$\pm 15 + 5$ мкм/м	
Рабочая температура, град.	$-10... +45$	
Влажность	Неконденсируемая	
Размеры, мм	198×198×430	358×221×188
Вес, кг	10,9	7,3

Трекер, как правило, более эффективно использовать для измерений, требующих высокой точности определения координат отдельных точек.

Тахеометр – это измерительный прибор для получения данных об углах (вертикальных, горизонтальных), расстояниях. Данный прибор работает одновременно как теодолит и светодальномер.

Тахеометры целесообразно использовать для работ, где необходима достаточная производительность выполнения измерений, в том числе на большие расстояния. Это такие работы, как контроль геометрии секций, нанесение базовых плоскостей на построечном месте или положений секций корпуса при сборке.

Таблица 2
Характеристики тахеометров

Характеристика	Марка тахеометра	
	NET 05AX II	NET 1AX II
Точность измерения углов, мм	0,5	1
Увеличение	30	
Дальность измерения расстояния без отражателя, м	100	400
Точность измерения расстояния без отражателя, мм	$\pm (1+1 \times 10^{-6} \times D)$	$\pm (2,0+1 \times 10^{-6} \times D)$ (до 200 м)
Рабочая температура, °C	$-20... +50$	
Время работы от одного аккумулятора, ч	Ок. 4	
Вес, кг	6,8	

Сканер отличается от трекера или тахеометра в основном объемом получаемых данных за единицу времени (более миллиона измерений в секунду), а также тем, что он работает только в безотражательном режиме, поэтому качество данных зависит от отражающих свойств поверхностей объекта измерений.

Пространственное сканирование точек осуществляется с помощью лазерного фазового дальнометра, перемещением которого по горизонтальному и вертикальному углам управляет прецизионный электропривод.

Таблица 3
Характеристики сканеров

Характеристика	Марка сканера	
	API IMAGER PRO C	API IMAGER
Класс лазера	1	3R
Расходимость пучка, мрад	$<0,3$	$<0,22$
Диаметр пучка на расстоянии 0,1 м, мм	3,5	3
Дальность (разрешения неоднозначности), м	187,3	79
Разрешение по дальности, мм	0,1	0,1
Вертикальное поле зрения, град.	320	310
Разрешение по вертикали, град.	0,0004	0,0018
Разрешение по горизонтали, град.	0,0002	0,0018
Рабочая температура, °C	$-10... +45$	
Влажность	Неконденсируемая	
Размеры, мм	170×286×395	286×190×12
Вес, кг	11	14

Трехмерное лазерное сканирование используется преимущественно для размерного контроля помещений с большим количеством размещенных в них объектов и создания электронных моделей построенных объектов.

Лазерные проекторы применяются для выполнения разметочных работ на детали сложной формы, где нанесение автоматизированной разметки в автоматизированном режиме нецелесообразно.

Таблица 4
Характеристики проекторов

Характеристика	Марка проектора		
	LASER-GUIDE	LASER-GUIDE2 LT	LASER-VISION
Размеры, см	33×25×18	40×25×18	50×28×28
Масса, кг	8	10	20,5
Зона проецирования, м	1–12	1–15	1–13
Класс лазера	CDRH Class II/IEC Class 2		
Ширина лазерной линии, мм	0,015–0,075/0,5–2		
Точность, мм	0,015/0,38		
Угол проецирования, град.	60 (± 30)		

Лазерный проектор позволяет проецировать линии подрезки лекал сразу на лекала, используя электронную информацию, подготовленную конструктором по информации об электронной модели.

Использование современных лазерных проекторов позволяет корпусному производству отказаться не только от процесса изготовления бумажного

документа, но и от изготовления фанерного шаблона.

Как видно из приведенных характеристик измерительного оборудования, оно вполне подходит для задач корпусно-обрабатывающего и сборочно-сварочного производств. Отдельные модели оборудования в настоящее время находят успешное применение в судостроении.

3. РАЗМЕТКА И КОНТУРОВКА

При изготовлении узлов, секций и блок-секций используются контуровочные эскизы, вычерченные для группы деталей, входящих в одну конструкцию (секцию) и предназначенные для разметки полотнища и устанавливаемого набора. Например, на рис. 4 пред-

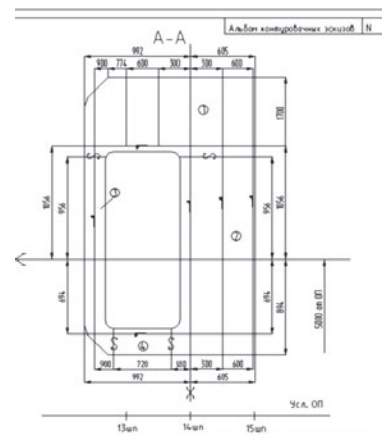


Рис. 4. Пример контуровочного эскиза

ставлен эскиз разметки сваренного из отдельных листов полотнища.

По таким эскизам выполняют раскладку деталей (входящих в эту секцию) на сборочной площадке, проверку собранного и сваренного полотнища, а также контуровку его, разметку мест установки набора и других элементов.

Контуровочный эскиз содержит не только размеры контура секции (длины и ширины) и расположения листов, входящих в эту секцию, но и размеры расположения продольного и поперечного набора, деталей подкреплений, устанавливаемых в секцию, а также координаты всех вырезов и отверстий для основного насыщения (при необходимости).

Альбом контуровочных эскизов содержит всю необходимую информацию для сборки секции (если эти данные отсутствуют в рабочем чертеже). При этом размеры для разметки набора, как правило, указываются с учетом сварочных деформаций.

В современных условиях для разметки положения набора на плоских конструкциях целесообразно использовать автоматизированную разметку при вырезке деталей на машинах тепловой резки ЧПУ, что позволяет исключить изготовление традиционных бумажных контуровочных эскизов.

Для криволинейных конструкций использование лазерного проектора также позволит исключить изготовление бумажных контуровочных эскизов и заменить ручную разметку на плотнищах при помощи рулетки и маркера на проецирование лазерных линий установки набора.

Проецирование можно проводить как на плоские, так и на лекальные плотнища. При помощи проектора возможно проецирование любой графической информации: линий притыкания набора (рис. 5), положения толщин и набора, номера позиций и т.д.

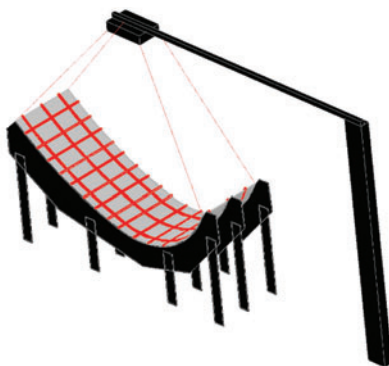


Рис. 5. Пример схемы проецирования линий притыкания набора на объемную секцию в лекальной постели

Использование лазерных проекторов возможно также при разметке положения вырезов (рис. 6) и сварного основного корпусного насыщения – комингсов и стаканов.

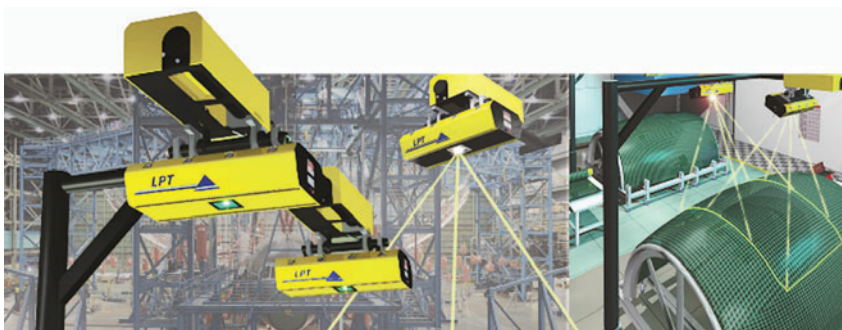


Рис. 6. Пример разметки положения вырезов на обшивке

4. ФОРМИРОВАНИЕ КОРПУСА НА ПОСТРОЕЧНОМ МЕСТЕ

При формировании корпуса на построечном месте тоже целесообразно применять лазерные проекторы (рис. 7).

В первую очередь их использование предпочтительно при формировании обводов корпуса, для разметки установки секций и контроля их геометрии после изготовления.

При помощи проекторов можно размечать и установку фундаментов, деталей роспыши, вскрывать требуемые вырезы.

Кроме того, одной из проблем традиционной технологии формирования

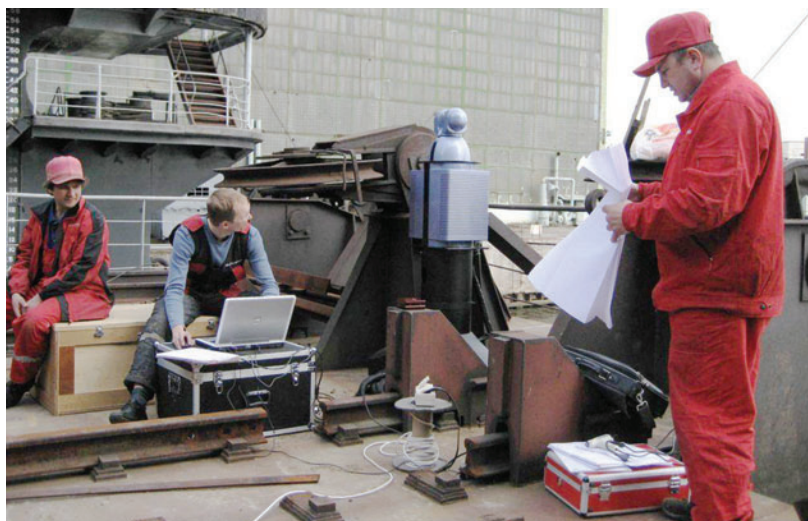


Рис. 7. Применение современных средств измерения

корпуса является большой объем пригоночных работ. Эффективному решению этой проблемы способствует совершенствование технологии судовых проверочных работ с применением современных средств измерения и проецирования.

Наряду с преимуществами, внедрение лазерных проекторов имеет и сложности с закреплением результатов лазерного проецирования на металлических конструкциях, так как при выполнении этого ручными методами разметчик будет заслонять лазерный луч.

Одним из решений данной проблемы является нанесение на металлические конструкции специальной краски, которая будет менять свой цвет под действием лазерного луча, либо приме-

взаимосвязанных программных средств обработки данных, адаптированных трехмерных моделей сборочных единиц при соответствующих изменениях в работе конструкторских, метрологических и технологических подразделений судостроительных предприятий позволит:

- значительно сократить объем бумажной конструкторско-технологической и разнообразной производственной документации;
- сократить время, затрачиваемое на документооборот, и полностью перейти на использование электронных моделей;
- повысить точность разметки;
- сократить трудоемкость выполнения разметочных операций [4];
- уменьшить объем пригоночных работ.

При этом стенды для сборки криволинейных полуобъемных секций можно заменить на автоматизированные стоечные сборочные стенды, что позволит значительно снизить количество металла, используемого при изготовлении оснастки, сократить трудоемкость выполнения разметочных операций и изготовления шаблонов для причерчивания лекал постели. Оценки экономической эффективности данных мероприятий показывают перспективность развития такого направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лубенко В.Н., Трофимова С.С. Анализ возможности применения тахеометров для контроля проверочных работ при сборке корпусов судов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Сер.: Морская техника и технология. – 2012. – № 1.
2. Дубинка В.В. Проверка на стапелях. Технологии размерного контроля на основе методов координатных измерений с использованием электронно-оптических и лазерных мобильных систем // Корабел.ру. – 2015. – № 3.
3. Деревянных А., Дубинка В.В. Имплементация современных технологий размерного контроля на отечественных верфях // Корабел.ру. – 2018. – № 4. ■

нение комплекса из нескольких источников проецирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях развития цифровизации лазерные проекторы и другие современные средства измерения необходимо шире применять в сборочно-сварочном и корпусосборочном производстве, опираясь на информацию из электронных моделей корпуса судна специализированных САПР.

Важно понимать, что замена только измерительных средств на более сложные и точные не даст значительных результатов. Лишь комплексное внедрение современных измерительных средств,

Несущая способность светопрозрачных элементов иллюминатора определяется тремя основными факторами: его конструкцией, физико-механическими характеристиками материала стеклоэлемента и качеством его изготовления.

Под *конструкцией* понимают соединение этого элемента с металлической обоймой. Точный выбор их основных геометрических размеров определяет их совместное деформирование и равномерную передачу нагрузки на стеклоэлемент.

Отсюда следует, что расчет и проектирование иллюминатора высокого давления тесно связаны и могут быть выполнены в три этапа.

1. При заданной геометрии конструкции для светопрозрачного элемента и обоймы определяем размеры или запас прочности при заданных размерах в случае, если разрушение происходит в результате исчерпания прочностных свойств материала или потери устойчивости.

2. Экспериментально отработываем метод соединения и уточняем конструкцию.

3. Выполняем поверочный расчет для выбранного метода соединения.

В настоящий момент в качестве светопрозрачного материала используется органическое, неорганическое стекло или кристалл-лейкосапфир – элементы в форме усеченного конуса, диска и оболочки.

Неорганическое стекло применяется для давлений не более 25 МПа. Это связано как с нестабильными значениями прочностных характеристик материала, так и с уменьшением их значений с течением времени в три раза. При рабочем давлении 60 МПа в качестве материала стеклоэлемента могут быть использованы сапфир и оргстекло. Данные материалы имеют предел прочности на сжатие, значительно превышающий предел прочности на растяжение и изгиб.

Отметим основные свойства материалов светопрозрачных элементов, которые определяют метод соединения и выбор конструктивных и технологических параметров иллюминаторов.

Неорганическое стекло:

- обладает низкой прочностью на растяжение и изгиб и высоким пределом прочности на сжатие;
- пределы прочности хрупкого материала в случае трехосного поля сжимающих напряжений превышает таковой в случае двухосного и значительно выше, чем в случае одноосного. Отсюда следует, что для повышения несущей способности хрупкого светопрозрачного элемента при воздействии гидростатического давления стеклоэлемент должен находиться в состоянии, близком к трехосному сжатию;
- прочностные свойства изделий из неорганического стекла в значительной степени зависят от состояния его поверхности;
- напряженное состояние светопрозрачного элемента должно быть близким к безмоментному;
- предел прочности стекла на изгиб снижается по мере увеличения длительности воздействия нагрузки примерно в три раза, после чего снижение прекращается. Циклические нагрузки снижают прочность стекла аналогично статическим. Этим обосновывается выбор коэффициента запаса прочности, равный 3, не менее;
- изгибные напряжения в стеклоэлементе при любом способе соединения возникают вследствие низкого давления. Разрушение стеклоэлементов начинается с поверхности низкого давления. Для увеличения несущей способности и ресурса иллюминатора выполняют упрочнение тонкого

ИЛЛЮМИНАТОРЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ: УЧЕТ ВЗАИМНОГО СМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В КОНСТРУКЦИИ

ЧАСТЬ 1

В.П. Лянзберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник науч. группы МАИ (Национального исследовательского университета),
Н.М. Вихров, д-р техн. наук, проф.,
ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
контакт. тел. + 7 (915) 222 2977

поверхностного слоя стеклоэлемента. Эти напряжения блокируют дефекты, расположенные в пределах тонкого слоя, и создают дополнительное сопротивление растяжению при изгибе внешней нагрузкой.

Органическое стекло:

- обладает низкой прочностью на растяжение и изгиб и высоким пределом прочности на сжатие;
- большая разница значений модуля упругости материала обоймы и стеклоэлемента приводит к значительному относительному перемещению по поверхности контакта металл-пластик при воздействии гидростатического давления P_1 как при его постоянном увеличении до момента нарушения целостности стеклоэлемента (кратковременном нагружении), так и при постоянной величине (длительном нагружении), начиная с определенного его значения P_2 .

Органическое стекло имеет линейную и нелинейную участки на диаграмме σ – ϵ . При достижении определенного значения внешнего гидростатического давления ($P = \text{const}$) с течением времени продолжает возрастать смещение. Чем выше напряжение, тем больше интенсивность смещения. При его приближении к величине, соответствующей нелинейному участку данной характеристики, наблюдается значительная ползучесть материала. Время восстановления его формы после воздействия гидростатического давления также определяется величиной напряжения. Чем больше его значение, тем больше время восстановления формы. Поэтому для изделий, работающих в данных условиях, необходимо чтобы напряжения в стеклоэлементе соответствовали линейному участку диаграммы σ – ϵ .

С течением времени в результате старения материала возможно следующее:

- появление микротрещин,
- материал становится хрупким и разрушается взрывообразно, как неорганическое стекло, уменьшение коэффициента светопропускания.

Для более точного определения компонент напряжения необходимо построение диаграммы σ – ϵ данной партии материала.

Лейкосапфир:

- причины разрушения этого материала при длительном воздействии нагрузки изучены в меньшей степени, чем двух других. Приводимые в разных источниках значения основных физических характеристик могут существенно отличаться.

Первоначальные исследования с использованием в качестве светопрозрачного элемента кристалла-лейкосапфира получены в Институте кристаллографии РАН методом горизонтальнонаправленной кристаллизации. Физико-механические свойства и чистота данной партии кристалла не определялись.

По полученным данным, механические характеристики лейкосапфира могут находиться в следующих интерва-

лах: модуль Юнг – 470–320 ГПа; прочность на изгиб – 300–350 МПа (зависит от многих факторов и может достигать 700–750 МПа); на растяжение – 400 МПа; прочность на сжатие – 2 ГПа.

Конструкция иллюминаторов должна обеспечивать благоприятное напряженное состояние стеклоэлемента при различных режимах работы. Достичь этого можно методом соединения обоймы и светопрозрачного элемента и его упрочнением. Изгибные напряжения и нарушение его целостности при любом способе соединения возникают, как уже сказано, со стороны низкого давления. Для увеличения несущей способности и ресурса иллюминатора упрочняют тонкий поверхностный слой стеклоэлемента. Эти напряжения блокируют дефекты, расположенные в пределах тонкого слоя, и создают дополнительное сопротивление растяжению при изгибе внешней нагрузкой.

Нагрузка, передаваемая на стеклоэлемент, должна быть осесимметричной на любом этапе работы конструкции, что обеспечивается в том числе и герметичностью соединения. При ее нарушении даже на начальном этапе нагружения давлением нарушение целостности светопрозрачного элемента существенно снижается.

Полученные результаты дают основания для определения подхода к проектированию и оценке несущей способности.

Существующие конструкции условно разделим на две группы. К *первой группе* отнесем изделия, несущая способность которых в равной степени определяется методом соединения стеклоэлемента и обоймы, ее геометрическими параметрами и технологией сборки. Это иллюминаторы со светопрозрачным элементом в форме диска и сектора сферической оболочки и полусферы из органического и неорганического стекла, которые являются частью корпуса аппарата. Достичь требуемого напряжения нагружения для работы стеклоэлемента в любых условиях можно выбрав, метод соединения обоймы и светопрозрачного элемента, который позволит и определить конкретные геометрические параметры сопрягаемых элементов, а также технологию сборки. Точность определения этих параметров имеет важнейшее значение. Поэтому выбор модели для оценки несущей способности и метода решения – одна из ключевых задач проектирования. Модель должна учитывать совместное деформирование всех сопрягаемых элементов конструкции и определять условия передачи благоприятной нагрузки на стеклоэлемент на различных этапах воздействия гидростатического давления.

Ко *второй группе* отнесем изделия, несущая способность стеклоэлементов которых в незначительной степени зависит от габаритных размеров обоймы и определяется геометрией контактной поверхности сопрягаемых элементов. К таким конструкциям следует отнести конические акриловые иллюминаторы.

В дальнейшем будем рассматривать конструкции первого вида с различными формами светопрозрачных элементов, в которых необходимое напряженное состояние создается также обжимными шайбами с конической формой контакта с металлической обоймой иллюминатора. Поведение таких элементов при гидростатическом нагружении по характеру близко к поведению конических акриловых стеклоэлементов при соответствующем типе нагружения. Поэтому рассмотрим первоначально результаты исследования таких элементов.

ИЛЛЮМИНАТОРЫ В ФОРМЕ УСЕЧЕННОГО КОНУСА

Такие иллюминаторы признаны наиболее безопасными и выполняются из органического стекла.

Можно выделить два основных типа их конструкций. В конструкциях первого типа между поверхностью соприкосновения стеклоэлемента и обоймы имеется зазор в несколько миллиметров, который заполняется сомоотверждающейся акриловой композицией. Процесс полимеризации при этом

происходит при воздействии температуры и давления выше рабочего по специальной технологии. Толщину стеклоэлемента подбирают так, чтобы не происходило его смещения. Это приводит к значительному увеличению толщины. На такие конструкции не распространяются перечисленные ниже обобщения.

В настоящий момент в отечественных и зарубежных аппаратах используются иллюминаторы, где в процессе воздействия гидростатического давления происходят контакт светопрозрачного элемента и обоймы и взаимное смещение.

Отметим основные общие закономерности таких иллюминаторов при любой геометрии светопрозрачного элемента, имеющего изначально полное соприкосновение по всей поверхности контакта.

Большая разница значений модуля упругости материала обоймы и стеклоэлемента приводит к значительному относительному перемещению по поверхности контакта сталь–пластик при воздействии гидростатического давления как при его постоянном увеличении до момента нарушения целостности стеклоэлемента (кратковременном нагружении P_1), так и при постоянной величине (длительном нагружении P_2), начиная с определенного его значения P .

В работе [1] было предложено использовать значение P_1 как базовую для оценки работоспособности изделия.

Экспериментально отмечено [14], что поведение материала светопрозрачного элемента не является пластическим вплоть до момента разрушения и в зависимости от коэффициента трения в контактной зоне обойма–пластик давление нарушения целостности стеклоэлемента для одинаковой сборки может меняться на 2–25%. При этом соответствующее смещение поверхности низкого давления меняется в пределах погрешности измерения. Характер зависимости $P(w)$ остается неизменным. Для иллюминаторов с рабочим давлением выше 10 МПа зависимость величины давления P от осевого смещения поверхности низкого давления w при кратковременном воздействии гидростатического давления имеет явно выраженный переход от линейного характера к нелинейному. Обозначим величину этого давления P_d , а соответствующее значение осевого смещения w_d .

Например, для конических акриловых иллюминаторов со светопрозрачным элементом с углом конусности 60° и отношением толщины к меньшему диаметру равным 0,3, величина P_1 в зависимости от качества поверхности контакта составила 49–65 МПа. Отношение P_d/P_1 практически не менялось [14]. По-видимому, характер зависимости $P(w)$, величины P_d , P_1 , P_2 можно использовать для оценки несущей способности конструкции при различных режимах (длительном и циклическом) и определения размеров сопрягаемой поверхности обоймы.

Назначаемое рабочее давление $P_{\text{раб}}$ при длительном воздействии гидростатического давления $P_{\text{раб}} = kP_{\text{лин}}$, где $k < 1$. Величина k зависит от качества материала, длительности непрерывного воздействия постоянным давлением и минимального времени между циклами нагружения. Эти параметры определяют также допустимое значение осевого смещения, время восстановления первоначальной формы. По-видимому, величину P_d можно использовать для оценки значения P_1 конкретной сборки как более точное по сравнению с теоретическим значением.

Смещение стеклоэлемента за пределы границы контакта приводит к нарушению его целостности.

Значение разрушающего давления P_1 существенно зависит от качества промежуточного слоя между стеклоэлементом и обоймой, который определяет коэффициент трения между ними. При этом значение P_d составляет $(0,55–0,65)P_1$. Назначаемое рабочее давление при длительном воздействии гидростатического давления $P_{\text{раб}} = kP_{\text{лин}}$, где $k < 1$, значение которого зависит от качества материала, длительности непрерывного

воздействия постоянным давлением и минимального времени между циклами нагружения. Эти параметры определяют также допустимое значение осевого смещения, время восстановления первоначальной формы. При этом величина соответствующего смещения w_1 и указанный выше характер зависимости $P(w)$ изменяются незначительно. По видимому, величину P_d можно использовать для оценки значения P_1 для конкретной сборки как более точное теоретическому значению.

Нелинейный характер $P(w)$ при кратковременном нагружении не является следствием перехода материала в пластическое состояние, и разрушению предшествует потеря устойчивости [15]. Решение этой задачи позволяет найти значение P_1 . Физически нелинейное поведение материала учитывается на основе касательно-модульной концепции устойчивости за пределами пропорциональности.

Для конических акриловых иллюминаторов решение этой задачи приведено в [16], полусферических – в [27].

Экспериментально полученные значения конструктивных и технологических параметров иллюминаторов с использованием отечественного стекла Со 120А близки к аналогичным значениям, приведенным в Правилах классификации и постройки подводных аппаратов (ПА) и глубоководных водолазных комплексов (ГВК). Правила базируются на работах американских исследователей, ранее опубликованных в [1, 26–38].

Таким образом, необходимое значение назначаемого рабочего давления акрилового иллюминатора и ориентировочные значения конструктивных параметров можно получить из анализа зависимости $P(w)$ при кратковременном нагружении или теоретического определения критического давления стеклоэлемента.

Стеклоэлементы в виде усеченного конуса из органического стекла являются основным элементом иллюминаторов высокого давления. Расчет их прочности и несущей способности в настоящее время основывается на экспериментальных результатах и численных методах оценки напряженного состояния [1, 2]. Некоторые параметры стеклоэлементов существенно различаются при теоретической оценке и эксперименте.

Здесь рассмотрены модели стеклоэлемента, учитывающие возможную объемную потерю устойчивости, которая лучше согласуется с экспериментальными данными. Анализируя результаты всех экспериментальных исследований, можно отметить следующее.

По виду зависимости $P(w)$ и характеру разрушения выделяют образцы с углом конусности $\alpha = 90^\circ$ и $\delta = 0,1$ (тонкие стеклоэлементы). Зависимость имеет два характерных участка: первоначальный линейный и нелинейный (рис. 1). Они разрушаются, раскалываясь на сектора. По-видимому, разрушение таких образцов происходит в результате изгиба.

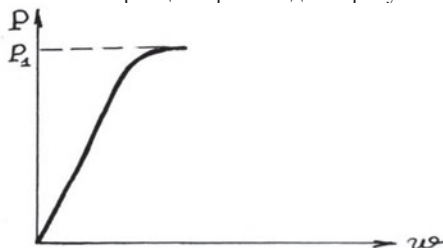


Рис. 1. Зависимость $P(w)$

По мере увеличения относительной толщины образцов δ наступает момент, когда меняется и вид кривой $P(w)$ и характер разрушения. Так, разрушение стеклоэлементов с углом конусности 90° и $\delta = 0,3$ начинается с конусообразного сегмента со стороны ненагруженного основания. Большее (нагруженное основание) остается при этом плоским. С уменьшением угла конусности при фиксированном значении δ откалываемый на первом этапе разрушения конусообразный сегмент увеличивается. Аналогичная зависимость наблюдается для

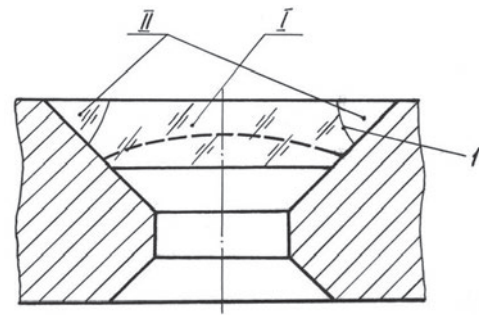


Рис. 2. Характер разрушения конического стеклоэлемента в общем случае

1 – трещина в стеклоэлементе; I – последний этап разрушения стеклоэлемента; II – часть стеклоэлемента после разрушения

образцов при постоянном угле конусности с увеличением значением δ .

На кривой $P(w)$ (рис. 3) имеется участок, где P постоянно, что характерно для потери устойчивости. Деформации упруги, даже если смещение соответствует последнему участку зависимости $P(w)$, т.е. возрастанию смещений при падении давления, близкому к разрушающему. При разгрузке в этот момент стеклоэлемент с углом конусности 60° или 90° возвращается в исходное положение. При повторном нагружении этого же образца кривая $P(w)$ близка к первоначальной.

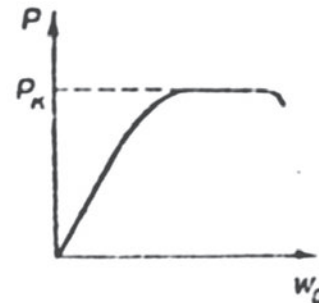


Рис. 3. Зависимость $P(w)$ для образцов конического стеклоэлемента в общем виде

При подъеме давления и разгрузке характеристика $P(w)$ имеет вид петли гистерезисного типа (рис 4). Это можно объяснить наличием сил трения, так как ширина петли уменьшается с уменьшением трения.

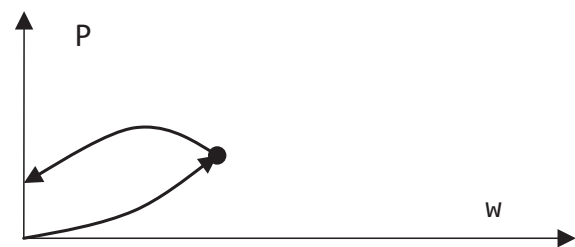


Рис. 4. Характер зависимости осевого смещения обжимной шайбы при подъеме и сбросе давления

Таким образом, возникающий гистерезис (рис. 4) объясняется наличием сухого трения по контактной поверхности. На характер критического невозмущенного состояния он не сказывается, так как оно достигается при повышении давления.

Стеклоэлементы с углом конусности 30° и 45° при $\delta \geq 0,3$ не возвращаются в исходное положение. Величина остаточного осевого смещения Δ , а также ширина петли для таких образцов также уменьшается с уменьшением сил трения.

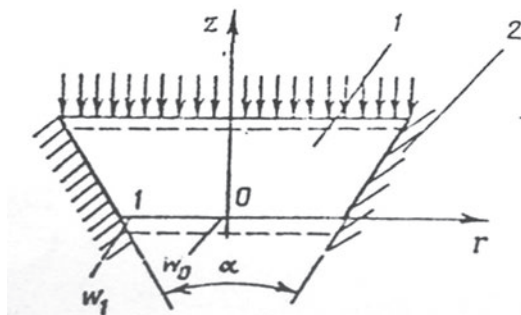
Для стеклоэлементов с малым углом конусности ($\alpha = 30^\circ$) отмечено качественное изменение в характере разрушения с увеличением значения δ при малом коэффициенте трения – при осесимметричном нагружении разрушение становится несимметричным после первого этапа разрушения. Причем с уменьшением коэффициента трения несимметричность

увеличивается. При этом характер зависимости $P(w)$ не меняется.

Величина разрушающего давления всех стеклоэлементов зависит от коэффициента трения. В то же время осевое смещение ненагруженного основания, момент разрушения всех образцов с фиксированными значениями α и δ и одинаковыми меньшими диаметрами от коэффициента трения не зависят. Из этого следует, что радиальные деформации, а значит, и радиальные сжимающие напряжения в момент разрушения также не зависят от коэффициента трения.

Полученные экспериментальные данные дают основания предположить следующее, что в процессе гидростатического нагружения стеклоэлемент проскальзывает в коническую полость обоймы в положение, показанное на рис. 5, а пунктиром. При определенном значении осевого смещения величина сжимающих напряжений вблизи нижнего основания достигает критической величины, и эта часть теряет устойчивость. На рис. 5, б – принятая модель для оценки несущей способности. В зависимости от угла конусности и отношения δ потеря устойчивости завершается или откалыванием конического сегмента или разрушением центральной области.

а)



б)

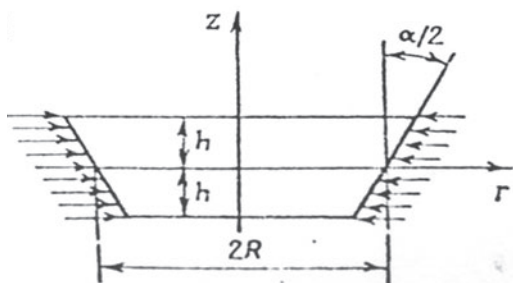


Рис. 5. Модель для оценки несущей способности стеклоэлемента из органического стекла

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЛЛЮМИНАТОРОВ С КОНТАКТОМ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ЭЛЕМЕНТА И ОБОЙМЫ

Применим методику, основы которой подробно изложены в работе [16].

Ввиду сложного математического аппарата повторять полностью выводы в данной статье не имеет смысла. Далее приведем основные положения методики и окончательные уравнения, определяющие связь между критическим напряжением, осевым смещением и геометрическими и физическими характеристиками стеклоэлемента.

Вследствие двумерности задачи решение в численной форме проблематично. Поэтому для оценки несущей способности проведено исследование устойчивости конического иллюминатора при равномерном радиальном сжатии, а именно области в форме усеченного конуса и цилиндра как частный случай при действии сжимающих усилий, нормальных к боковой поверхности. Исследование неканонической области выполнено методом возмущений границы области. В результате разложения искомой функции и собственного значения в степенной ряд по параметру β , в качестве которого

принят тангенс $\alpha/2$, и их подстановки в искомые граничные условия для возмущаемой части области, построена последовательность краевых задач для канонической области, которые названы приближениями. «Нулевому» приближению соответствуют однородные уравнения, последующим приближениям – неоднородные. Решение последних разыскивается как сумма двух функций. Одна из них выбирается так, чтобы удовлетворяла неоднородным граничным условиям, а вторая – в виде разложения по известным собственным функциям однородной краевой задачи. Задача сводится к алгебраической с помощью метода Бубнова

Задача об устойчивости иллюминатора рассмотрена на основе уравнения линеаризованной трехмерной теории устойчивости. Уравнения записаны в цилиндрической системе координат в форме, удобной для принятого способа построения решения последующих приближений. Методом разделения переменных построено решение устойчивости цилиндрической области. Из граничных условий на торцевой поверхности следует характеристическое уравнение, определяющее критическую нагрузку. Данное трансцендентное уравнение решалось численно. В общем случае оно имеет три корня: один из них соответствует нулевому решению, а два остальных – потери устойчивости с образованием антишейки и изгибной форме.

Из условия отсутствия сил трения на боковой поверхности вычислялись неопределенные коэффициенты в общем решении полученной функции, которая далее записана в форме, удобной для решения последующих приближений. Выделен параметр Ω – собственное значение, которого рассчитывается через критическое напряжение σ , и построена соответствующая этому параметру собственная функция.

Первому приближению соответствует нулевое решение, что следовало ожидать вследствие четности задачи относительно параметра возмущаемой области.

Таким образом, получены уравнения, характеризующие связь исходных параметров, которые приведены далее.

Задача нулевого приближения для критического напряжения цилиндрической области σ решается по характеристическому уравнению

$$v = (m^2 c^2 + j^2 f^2) sh 2k sh 2d - 2 f m c l ((ch 2k ch 2d - 1) = 0,$$

где

$$c = K + \frac{M}{\Omega^{(0)}}; l = -\frac{L}{\Omega^{(0)}} + \frac{S}{(\Omega^{(0)})^{3/2}}; L = 1 - \frac{\lambda(\lambda + \mu)}{(\lambda + 2\mu)^2} (\Omega^{(0)} + A);$$

$$k = \frac{k_1^h}{R\sqrt{\Omega^{(0)} + A}}; m = \frac{L}{\Omega^{(0)} + A} + \frac{S}{(\Omega^{(0)} + A)^{3/2}}; f = K + \frac{M}{\Omega^{(0)} + A};$$

$$d = \frac{k_1^h}{R\sqrt{\Omega^{(0)}}}; M = (\Omega^{(0)} + A) \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu}; S = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} (\Omega^{(0)} + A);$$

$$K = 1; \Omega^{(0)} = \frac{1}{1 + \frac{\sigma^0}{\mu}}.$$

Данное трансцендентное уравнение решалось численно. В качестве аргумента x рассматривалось отношение критического давления σ^0 к модулю упругости E .

В качестве параметра приняты отношение $\delta = h/R$ толщины $2h$ к диаметру $2R$, характеристики материала ν, E , а также корень k_1 функции Бесселя первого порядка J_1 . Тогда характеристическое уравнение можно записать так:

$$\nu(x, \delta, \gamma, E, k_1) = 0.$$

Решение этого уравнения рассматривалось для физически реальных значений аргумента x в интервале $0-0,35$, где в общем случае при $l \neq 1$ оно имеет три корня. Один из них соответствует нулевому решению $x = 0$. Меньший по абсолютной величине из ненулевых значений x соответствует изгибной форме потери устойчивости, второй – «потере устойчивости с образованием «антишейки». Под термином «потеря устойчивости» с образованием «антишейки» понимается такой

процесс разрушения, который предваряется выпучиванием стеклоэлемента со стороны верхнего и нижнего основания одновременно.

При $l = 1$, (т. е. когда k_1 равно первому корню функции J_1 Бесселя) ненулевое решение этого уравнения соответствует лишь изгибной форме потери устойчивости.

Решения для первых четырех значений корня функции показаны на рис. 6, где номер кривой, обозначенной арабской цифрой, соответствует значению l . Кривые I соответствуют изгибной форме, а II – образованию «антишейки». При увеличении h/R оба решения приближаются к значению σ^0/E , соответствующему поверхностной неустойчивости III . Можно отметить, что при малых величинах отношения h/R наблюдается лишь изгибная форма потери устойчивости при любом значении k_1 .

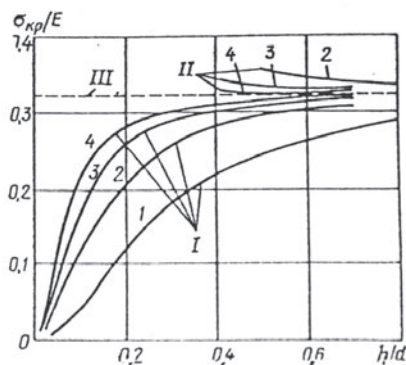


Рис. 6. Зависимость критического давления к модулю упругости от отношения толщины к диаметру стеклоэлемента

I – изгибная форма потери устойчивости; II – образование «антишейки»; III – поверхностная неустойчивость; 1 – первый корень функции Бесселя

Найденное значение σ^0 критического напряжения обозначим σ_{lm} , где $m = 1, 2, 3$. Каждому значению σ_{lm} соответствует параметр Ω_{lm} . Для фиксированных величин l и m из граничных условий на боковой поверхности определены постоянные интегрирования.

Таким образом, функция χ_{lm} , соответствующая Ω_{lm} , C_{1lm} , C_{2lm} , C_{3lm} , C_{4lm} , удовлетворяет всем граничным условиям и уравнению нулевого приближения и является собственной функцией. Запишем ее в виде

$$\chi_{lm} = J\left(\frac{k_{lm}^r}{R}\right) \left[C_{1lm} \exp\left(\frac{k_{lm}^r}{R\sqrt{\Omega_{lm}^{(0)}}}\right) + C_{2lm} \exp\left(-\frac{k_{lm}^r}{R\sqrt{\Omega_{lm}^{(0)}}}\right) + C_{3lm} \exp\left(\frac{k_{lm}^r}{R\sqrt{\Omega_{lm}^{(0)} + A}}\right) + C_{4lm} \exp\left(-\frac{k_{lm}^r}{R\sqrt{\Omega_{lm}^{(0)} + A}}\right) \right].$$

Для второго приближения эти условия имеют вид

$$\Omega_{lm}^2 \int_{-h}^{R+h} \left[(2\Omega_{lm}^{(0)} + A) \frac{\partial^4}{\partial z^4} \chi_{lm}^{(0)} + 2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Delta \chi_{lm}^{(0)} \right] \chi_{lm}^{(0)} r dr dz = \int_{-h}^{R+h} \left\{ [\Delta \Delta + (2\Omega_{lm}^{(0)} + A) \Delta] \frac{\partial^2}{\partial z^2} + (\Omega_{lm}^{(0)} + A) \Omega_{lm}^{(0)} \frac{\partial^4}{\partial z^4} \right\} \times (-z^2 \frac{\partial^2}{\partial r^2}) \chi_{lm}^{(0)} r dr dz.$$

Величина Ω_{lm} определяется как

$$\Omega_{lm} = \Omega_{lm}^{(0)} + \Omega_{lm}^{(2)} \frac{\beta^2}{2}.$$

Критическое напряжение

$$\sigma^0 = \frac{E_T}{2(1+\gamma)} \left(\frac{1}{\Omega} - 1 \right) = G_T \left(\frac{1}{\Omega} - 1 \right).$$

Из решения следует, что характер зависимости двух форм потери устойчивости – изгибной и с образованием «антишейки» – от геометрического параметра δ для конической области аналогичен канонической (цилиндрической). При фиксиро-

ванном значении δ критическое напряжение для области в форме усеченного конуса больше, чем канонической.

УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

В дальнейших вычислениях физически нелинейное поведение материала учитывалось на основе касательно-модульной концепции устойчивости за пределами пропорциональности.

В случае при равномерности распределения напряжений по коническому элементу эту формулу следует записать в виде

$$\sigma_0 = \frac{E_T}{2(1+\gamma)} \left[\frac{1}{\Omega} - 1 \right],$$

где E_T – касательный модуль упругости, а γ – коэффициент Пуассона за пределами пропорциональности, определяемый формулой

$$\gamma^1 = 0,5 - \frac{1-2\gamma}{2} \frac{E_c}{E},$$

здесь E_c – секущий модуль.

$$\sigma_i = \sigma; \quad \varepsilon_i = \varepsilon - \varepsilon_0 = \varepsilon - \frac{1-2\gamma^1}{3E} \sigma; \quad \sigma_i - \varepsilon_i.$$

По экспериментально полученной диаграмме σ – ε построена диаграмма деформирования материала. Для двухосного напряженного состояния

По найденной таким образом диаграмме деформирования численным дифференцированием построена диаграмма $G_T - \sigma_i$ для данного материала (рис. 7).

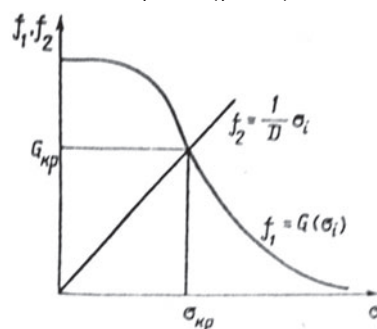


Рис. 7. Диаграмма деформирования материала стеклоэлемента

На диаграмме $G_T - \sigma_i$ точка ее пересечения с прямой, заданной зависимостью (f_2) [16], определяет искомое критическое значение σ_i^0 . Соответствующее значение интенсивности ε_i^0 деформации можно найти по диаграмме деформирования $\sigma_i - \varepsilon_i$.

Если учесть сжимаемость материала, то можно записать

$$\varepsilon_i = \frac{4}{3} (1 + \frac{2\gamma^1}{1-\gamma^1}) \frac{w^0}{d} \operatorname{tg}(\alpha/2).$$

Эта зависимость позволяет по заданному критическому значению интенсивности деформации ε_i^0 определить критическое осевое смещение стеклоэлемента.

Для иллюминаторов со светопрозрачным элементом в форме усеченного конуса при длительном нагружении стеклоэлемент непрерывно смещается в конической полости обоймы на значительную величину Δw при фиксированном давлении p в течение всего времени его воздействия. Смещение заметно даже при $p = 0,15-0,2$ от разрушающего при кратковременном нагружении P_1 . При фиксированной температуре окружающей среды из конструктивных параметров существенно на величину Δw влияет угол конусности α и отношение δ_1 толщины h к его меньшему диаметру d . При времени воздействия, превышающем несколько суток, рекомендуется выбирать $\alpha > 60^\circ$. Чем больше время воздействия, тем больше необходимые значения α и δ , что приводит к значительному увеличению габаритных размеров иллюминатора. Основное преимущество конической конфигурации состоит в способности заклиниваться, что улучшает уплотнительную способность с ростом давления, тем самым в теле стеклоэлемента возникают преимущественно сжимающие напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stachiw J. D.* Critical Pressure of Conical Acrylic Windows Under Short-Term Hydrostatic Loading // *J. of Engineering for Industry*. – Ser B. – 1967. – Vol. 89., – №3 ю – P.44–54.
2. *Stachiw J. D., Grau K.O.* Procurement of Safe Viewports for Hyperbaric Chambers // *J. of Engineering for Industry*. – Ser B. – 1971. – Vol. 93, – №4. – P. 61–73.
3. *Бортовский В.В., Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* К вопросу проектирования конических акриловых иллюминаторов высокого давления // *Морской вестник*. – 2014. – №1(49). – С.69–70.
4. *Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* Об иллюминаторах высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска. // *Морской вестник*. – 2015. – №4(56) – С.45–46.
5. *Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* Некоторые общие подходы к проектированию иллюминаторов высокого давления // *Морской вестник*. – 2017–№2(63). – С.31–33.
6. *Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* Определение параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления // *Морской вестник*. – 2018. – №3(67). – С.48. – 49.
7. *Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* Особенности выбора параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления со стеклоэлементом в форме оболочки // *Морской вестник*. – 2020. – №3(75). – С.47–48.
8. *Григолюк Э.И., Мамай В.И.* Механика деформирования сферических оболочек. – М.: Изд. МГУ, 1983, с. 114.
9. ГОСТ Р 52123–2003. Иллюминаторы для водолазных барокамер с рабочим давлением до 4,9 МПа. Общие технические условия.
10. *Камкэ Э.* Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Наука. – 1971. – 576 с.
11. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Создание работоспособного разъемного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала: Сообщение 1. // *Проблемы прочности/АН УССР*, 1979.
12. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Создание работоспособного разъемного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала: Сообщение 2 // *Проблемы прочности/АН УССР*, 1979.
13. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Прочность и повреждаемость составных оболочек из стекла с различными типами разъемных соединений // *Проблемы прочности/АН УССР*, 1981.
14. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Конические акриловых иллюминаторы при кратковременном нагружении // *Проблемы прочности/АН УССР*. – 1983. – № 11. – С.10–111.
15. *Лянзберг В.П.* Испытание конических акриловых иллюминаторов при различных углах конусности иллюминатора и фланца // *Вопросы строительной механики и прочности летательных аппаратов: Тем. сб. науч. тр./МАИ. М., 1985.*
16. *Лянзберг В. П., Шалашилин В. И.* Несущая способность конических стеклоэлементов иллюминаторов из акрила с учетом объемной потери устойчивости // *Механика твердого тела/ РАН*. – 2002. – №3. – С. 164–179.
17. *Лянзберг В.П.* Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления // *Вестник МАИ*. – 2003. – Т.10. – С.71–79.
18. *Лянзберг В.П.* Акриловые иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме оболочки // *Вестник МАИ*. – 2008. – Т. 15. – С.5–9.
19. *Лянзберг В.П.* Несущая способность оболочек из неорганического стекла при гидростатическом нагружении // *Морской вестник*. – 2016. – №2(58). – С.47–49.
20. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска из неорганического стекла // *Вестник МАИ*. 2002.
21. *Лянзберг В.П.* Акриловые иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме оболочки // *Вестник МАИ*. – 2008. – Т.15. – С.5–9.
22. *Лянзберг В.П.* Несущая способность оболочек из неорганического стекла при гидростатическом нагружении // *Морской вестник*. – 2016. – №2(58). – С.47–49.
23. *Лянзберг В.П., Вихров Н.М., Шнуренко А.А.* К вопросу выбора параметров обжимной шайбы иллюминаторов высокого давления // *Морской вестник*. – 2019–№3(71)–С.47–48.
24. *Писаренко Г.С., Амелянович К.К., Каринцев И.Б.* Несущие и светопрозрачные элементы из стекла. – Киев: Наукова думка, 1987.
25. *Писаренко Г.С., Охрименко Г.М., Родичев Ю.М.* Прочность конструктивных элементов из стекла в условиях сложного напряженного состояния // *Проблемы прочности/АН УССР*, 1978.
26. *Стечив Грей.* Проектирование безопасных иллюминаторов для камер повышенного давления. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1971.
27. *Стечив.* Сферические акриловые прочные корпуса для подводных исследований // *Конструирование и технология машиностроения*. – М.: Мир, 1971. – №3 – С. 185.
28. *Стечив, Слеттен.* Рассчитанные на рабочую глубину 3600 м акриловые иллюминаторы в форме сектора сферической оболочки, предназначенных для глубоководных аппаратов ALVIN. – М.: Мир, 1971.
29. *Стечив.* Сферические иллюминатор для подводных аппаратов // *Конструирование и технология машиностроения*. – 1979. – №3. – С. 210.
30. *Стечив.* Влияние температуры и фланцевого крепления на разрушающее давление для конических акриловых иллюминаторов при кратковременном нагружении // *Теоретические основы инженерных расчетов*. – 1972. – №4. – С. 159.
31. *Стечив.* Полусферические акриловые оболочки с фланцем для подводных аппаратов. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1975.
32. *Стечив.* Стекла иллюминаторов в форме сферических секторов с прямоугольными кромками для использования на погружаемых аппаратах // *Конструирование и технология машиностроения*. – М.: Мир, 1977.
33. *Стечив, Слеттен.* Полусферические оболочки из акриловой пластмассы с фланцем для подводных систем. Прочность при статическом и циклическом нагружении гидростатическим давлением. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1978.
34. *Стечив.* Сферические иллюминаторы для подводных аппаратов. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1979.
35. *Стечив.* Сферические акриловые прочные корпуса для подводных исследований. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1971.
36. *Стечив.* Полусферические акриловые оболочки с фланцем для подводных аппаратов. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1975.
37. *Стечив.* Стекла иллюминаторов в форме сферических секторов с прямоугольными кромками для использования на погружаемых аппаратах. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1977.
38. *Стечив.* Сферические иллюминаторы для подводных аппаратов. – Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1979. ■

Продолжение следует

В условиях усиления внешних воздействий на отечественную промышленность одной из немаловажных задач перед проектантом становится развитие «здоровой» конкуренции среди поставщиков материалов и судового комплектующего оборудования (СКО). При этом поиск альтернативного поставщика – это не только требование соблюдения действующего законодательства РФ в области государственных закупок, но и превентивная мера на случай возникновения трудностей с поставками оборудования. Процесс поиска альтернативных поставщиков должен быть непрерывным для всех стадий жизненного цикла корабля.

Заказные ведомости являются основными документами для завода-строителя (верфи) в части, касающейся ведения договорной кампании. Ведомости заказа изделий, поставляемых на корабли, суда и плавсредства при их постройке, модернизации, переоборудовании и ремонте, разрабатываются в соответствии с ОСТ5Р.0264–2013, который входит в сводный перечень документов по стандартизации оборонной продукции (т. 7) обязательного применения.

В соответствии с ОСТ5Р.0264–2013, п.3.6 предприятия, выпускающие ведомости заказа, должны указывать в заказной документации наименования предприятий-поставщиков, руководствуясь техническими условиями, установившейся специализацией производства, официальными каталогами, а также совместными решениями по определению изготовителей.

Приказом № 58 от 16.05.2000 г. Российского агентства по судостроению «О проведении отраслевых работ в области специализации и кооперирования производства судового комплектующего оборудования» определен Перечень номенклатуры изделий судового машиностроения, производство которых освоено предприятиями. Установившаяся специализация внесена в руководящие документы отрасли (НИИ «ЛОТ» РМ № 5-2000).

Таким образом, внесение в заказные ведомости предприятия в качестве альтернативного поставщика возможно только после предоставления соответствующих документов, подтверждающих освоение производства изделия, либо утвержденного совместного решения заказчика, разработчика и изготовителя изделия военной техники (ВТ) о подготовке и освоении производства данных изделий производителем (ГОСТ РВ 0015.301–2020, п. 6).

АО «СПМБМ «Малахит» на постоянной основе ведет работы по со-

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ МЕЖДУ ПОСТАВЩИКАМИ СУДОВОГО КОМПЛЕКТУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Е.А. Борисов, начальник технологического отдела,
А.Н. Попов, начальник отдела стандартизации,
К.А. Голубев, начальник сектора заказной документации,
С.А. Гейко, инженер 1-й категории отдела стандартизации,
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 242 8527*

зданию конкурентной среды между поставщиками материалов и СКО путем включения альтернативных поставщиков.

При этом поставка осуществляется следующим образом:

- материалов и СКО – по типовым документам на поставку или документам на поставку серийного СКО;
- материалов – по собственным ТУ поставщика;
- СКО – по собственной РКД.

В случае появления на рынке потенциального альтернативного предприятия-поставщика, способного изготавливать серийное оборудование либо поставлять материал (оборудование) по типовым ТУ, проблемными вопросами являются:

- длительность процедуры оформления Решения государственного заказчика о выполнении комплекса мероприятий СРППВТ, включая порядок передачи конструкторской документации, проведения мероприятий по постановке на производство и корректировки заказной документации;
- порядок принятия затрат на поставку на производство.

У альтернативного поставщика материала по собственным ТУ проблемным остается проведение межведомственных испытаний (МВИ)! с последующим рассмотрением результатов на межведомственной комиссии (МВК), которая принимает решение о допуске материала в судостроение на основании результатов МВИ. Затрагиваемый процесс – весьма затратный и продолжительный и обусловлен необходимостью прохождения процедур, определенных ГОСТ РВ 0015-301–2020 «СРПП ВТ. Постановка на производство изделий. Основные положения», а также «Положением по МВК...» в судостроительной отрасли.

Указанной документацией по стандартизации установлен комис-

сионный порядок приемки материалов. Материалы для применения в кораблестроении принимает МВК, в которую входят представители всех организаций-участников создания и применения материала, а также представителей заказчика. Комиссия рассматривает результаты испытаний, выполненных по разработанной для конкретного материала Программе МВИ, и на основании их анализа принимает решение о возможности применения в кораблестроении.

Кроме того, материалы для изделий 21 должны пройти испытания на горючесть и санхимию, после чего должны быть внесены в отраслевые ограничительные перечни.

При альтернативной поставке СКО по собственной РКД предприятия-поставщика проблемным становится отнесение затрат на доработку оборудования для возможности его интегрирования в состав корабля и корректировку РКД корабля, а также корректировку документации смежных (сопрягаемых) систем, включая комплексную систему управления техническими средствами корабля. Альтернативное СКО, поставляемое на изделия 21, также должно пройти проверки на соответствие специальным требованиям, связанным со специфическими условиями эксплуатации.

В связи с вышеизложенным предлагается:

1. Сократить процедуры оформления решений о выполнении комплекса мероприятий СРППВТ, в том числе передачи РКД, путем ее упрощения, а также введения регламента согласования.

2. Сократить продолжительность проведения МВИ материалов для кораблестроения и получения заключения МВК за счет разработки типовых программ и подготовки Перечня сертифицированных лабораторий.

3. Установить порядок принятия затрат по постановке СКО на производство, допустив их включение в стоимость

поставки первого образца СКО и, соответственно, в стоимость корабля. Кроме того, должен быть определен порядок выполнения работ по размещению альтернативного образца СКО на корабле, включая доработку конструкторской и эксплуатационной документации, доработку конструкций корабля, сопрягаемого оборудования и систем автоматики.

Очевидно требуется строгое регламентирование источников финансирования, что должно подвигнуть на разработку соответствующих нормативно-правовых актов РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ5Р.0264-2013 - Стандарт Судостроения. Ведомости заказа изделий. Тре-

бования к построению, содержанию и оформлению. – НИИ «Лот», ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013 43 с.

2. ГОСТ РВ 0015.301-2020 – СРПП ВТ. Постановка на производство изделий. Основные положения – Стандартиформ, Москва, 2021, 41 с. ■

ВВЕДЕНИЕ

Фундаменты под судовые механизмы и устройства представляют собой значительную часть конструкций корпуса. Они есть на любом судне, независимо от его назначения, размеров, конструкции и пр. На больших судах со сложной и сильно развитой сетью различных систем, с большим количеством палубных и вспомогательных механизмов число фундаментов достигает нескольких сотен.

Как показывает анализ, проектирование таких фундаментов по трудоемкости составляет от 8 до 25% трудоемкости проектирования корпуса [1].

Конструкция судовых фундаментов под вспомогательные механизмы должна быть:

- достаточно прочной для восприятия действующих на фундамент усилий и передачи их на соответствующие основные связи корпуса;
- достаточно жесткой, чтобы устранить недопустимую вибрацию устанавливаемого механизма или устройства.

Как правило, для изготовления судовых фундаментов применяется листовой прокат из обычной судостроительной стали с пределом текучести 2400 кг/см². Опорная поверхность судовых фундаментов под вспомогательные механизмы представляет собой опорный лист или несколько отдельных поясков, сваренных в фундаментную раму [2].

Решением Минобороны России на АО «51 ЦКТИС» возложены функции проектанта по более ста проектам надводных кораблей и судов ВМФ, находящихся на различных стадиях жизненного цикла. На объектах, пребывающих в эксплуатации 25 лет и более, вследствие коррозионного износа зачастую наблюдается значительное уменьшение толщин элементов корпусных связей. Необходимость ремонта или замены корпусных конструкций (в том числе фундаментов) определяется в зависимости от характера остаточных деформаций и степени коррозионного разрушения относительно конструктивных (расчетных) толщин, приведенных в Руководстве [3].

При выполнении модернизационных работ по замене устаревшего оборудования и механизмов возникает необходимость в оценке технического состояния фундаментов и узлов их подкреплений, а также в прогнозировании их прочностных свойств в течение заданного срока эксплуатации. Исследование зависимости коррозионного износа и возникающих напряжений в сечениях листовых элементов фундаментов должно учитываться при проектировании конструкций, располагающихся в районах с интенсивной скоростью коррозии.

Цель настоящей работы:

О ВЛИЯНИИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СУДОВЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

*И.В. Николаев, канд. техн. наук, инженер-конструктор АО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 315 4945*

- рассмотреть основные расчетные формулы изгиба пластин;
- проанализировать зависимости, приведенные в методике расчета прочности, изложенной в ОСТ5.1011–83 «Фундаменты под вспомогательные механизмы и котлы, изделия, оборудование и устройства. Правила и нормы проектирования»;
- на основании данных зависимостей исследовать характер влияния изменения толщины пластины вследствие коррозионного износа на возникающие в ней напряжения.

Для получения необходимых результатов проводился расчет типового фундамента под вспомогательный механизм, спроектированный в соответствии с требованиями ОСТ5.1011–83.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ЛИСТОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ФУНДАМЕНТОВ

При определении напряжений, возникающих в листовых элементах фундаментов, используют основное дифференциальное уравнение изгиба пластины, аналогичное уравнению изгиба балки, которое является дифференциальным уравнением высшего порядка в частных производных:

$$D \left(\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) = p. \quad (1)$$

Решения такого вида уравнения, удовлетворяющие всем граничным условиям закрепления пластины, вызывают большие математические затруднения, и эти решения в конечном виде найдены лишь для немногих частных случаев. Для прямоугольных пластин решения уравнения (1) могут быть получены лишь в виде тех или иных бесконечных рядов (решение Навье, Леви и др.), причем как сами решения, так и процесс вычислительной работы, связанной с их практическим использованием, настолько громоздки, что приводить здесь нецелесообразно.

Эти решения для некоторых случаев прямоугольных пластин, наиболее часто встречающихся в практике кораблестроения, обработаны в виде таблиц с использованием коэффициентов k . Зная величину изгибающего момента,

легко получить соответствующие наибольшие нормальные напряжения в пластине, пользуясь обычной расчетной формулой изгиба [4]:

$$\sigma = \frac{6M}{s^2}, \quad (2)$$

где M – наибольший изгибающий момент, кгс·м; s – толщина листового элемента фундамента, см.

Наибольший изгибающий момент в центре пластины

$$M = k_i \cdot p \cdot b^2. \quad (3)$$

Здесь p – интенсивность равномерно распределенной нагрузки, атм; b – короткая сторона опорного контура, см; k_i – коэффициент, определяется по таблицам в зависимости от закрепления пластины на опорном контуре и места приложения нагрузки P .

В соответствии с ОСТ5.1011–83 «Фундаменты под вспомогательные механизмы и котлы, изделия, оборудование и устройства. Правила и нормы проектирования» для определения наибольшего изгибающего момента используется формула (3):

$$M_{\max} = 3,6k_2 \cdot P, \quad (4)$$

где P – сосредоточенная сила (усилие в крепежном болте), кг; k_2 – коэффициент, определяется по таблицам в зависимости от закрепления пластины на опорном контуре и места приложения нагрузки P .

Главное отличие этой формулы от (3) – в определении расчетных усилий в крепежных болтах. Согласно ей расчетные усилия в крепежных болтах зависят от перемещений опорной плоскости механизма относительно опорной поверхности фундамента. Опорная плоскость механизма и опорный контур пластин считаются недеформированными [2]. Усилие в крепежном болте

$$P_i = k_i \cdot (\xi + x_i \cdot \psi), \quad (5)$$

где ξ – линейное перемещение опорной поверхности механизма относительно опорной поверхности фундамента, см; ψ – угловое перемещение опорной плоскости механизма вокруг оси опорной поверхности фундамента; x_i – расстояние i -того крепежного болта от оси опорной поверхности фундамента, см; k_i – коэффициент жесткости по отношению к нормальному усилию P , кг/см:

$$k_i = \frac{1}{A_n + A_{\sigma i}}, \quad (6)$$

здесь A_n – коэффициент податливости рассматриваемого участка опорной поверхности (пластины), см/кг:

$$A_n = k_{ii} \cdot 0,1 \cdot \frac{b^2}{D}, \quad (7)$$

$A_{\sigma i}$ – коэффициент податливости болта:

$$A_{\sigma i} = \frac{s + s_i}{0,25 \cdot E \cdot \pi \cdot d^2}, \quad (8)$$

где s_i – толщина опорной поверхности механизма, см; E – модуль Юнга, кг/см²; d – диаметр болта, см; D , b , s – цилиндрическая жесткость, ширина меньшей стороны и толщина пластины, на которой расположен болт; k_{ii} – коэффициент прогиба, определяется по графикам для параметров пластины с i -м болтом.

Перемещения ξ и ψ в формуле (5) определяют из уравнений равновесия [2]

$$N = \psi \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i + \xi \cdot \sum_{i=1}^n k_i; \quad (9)$$

$$M = \psi \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i + \xi \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot x_i.$$

АНАЛИЗ РАССМОТРЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

При проведении анализа рассмотренных зависимостей данной методики рассчитывался, как уже сказано, типовый фундамент под вспомогательный механизм, спроектированный в соответствии с требованиями ОСТ5.1011–83. Материал – судостроительная сталь с пределом текучести $\sigma_t = 2400$ кг/см². Ниже представлены его основные характеристики.

Основные характеристики фундамента

Количество крепежных болтов n , шт.	8
Диаметр крепёжных болтов d , см	1,6
Толщина опорной поверхности фундамента s , см	0,8
Толщина опорной поверхности механизма s_i , см	1
Масса механизма m , кг	1000
Коэффициент Пуассона материала пластины ν	0,25
Модуль Юнга E , кг/см ²	2,110 ⁶

Рассматривался наиболее неблагоприятный случай закрепления пластины на опорном контуре и места приложения нагрузки P – значения коэффициентов k_i максимальны (значения взяты из графиков черт. 2-5 Приложения I ОСТ5.1011–83).

По результатам расчетов в формулах (5)–(8) было зафиксировано, что основное влияние на коэффициент жесткости k_i по отношению к нормальному усилию P , который используется для определения расчетного усилия в крепежном болте, оказывает только коэффициент податливости рассматриваемого участка опорной поверхности A_n , значение которого, в свою очередь, зависит от геометрии пластины, условий ее закрепления на опорном контуре и места приложения нагрузки. Толщины опорных поверхностей фундамента и механизма в числителе формулы (8), учитывая порядок полученных величин, не оказывают существенного влияния на значение полученного коэффициента $A_{\sigma i}$ и коэффициента k_i .

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА НА ВОЗНИКАЮЩИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ФУНДАМЕНТА

Руководствуясь данными по среднегодовому уменьшению толщины связей u по Регистру, можно проследить за характером зависимости между сроком эксплуатации конструкции и возникающими напряжениями в сечении ее опорной поверхности. На рис. 1 представлены эти зависимости. Они справедливы для судостроительной стали нормальной прочности с системой покрытий, состоящих из нескольких слоев эмали на пентафталевой или эпоксифирной пленкообразной основе, нанесенной на загрунтованную поверхность фундамента.

Функция непрерывна, монотонно возрастает во всей области определения. Видно, что характер кривой значительно меняется от величины параметра u . При низком его значении график функции близок к линейной. С ростом значения u на графике зависимости между напряжениями и сроком эксплуатации конструкции становится заметна выраженная квадратичная зависимость.

Так, в районах с интенсивной скоростью коррозии (например, фундаменты в помещениях с повышенной влажностью, под котлоагрегатами и пр.) напряжения в связях фундамента, превышающие допускаемые $\sigma_{доп} = 0,6\sigma_t$ могут возникнуть значительно раньше срока службы корпуса судна (25 лет), поэтому при их проектировании должен быть предусмотрен дополнительный запас: толщину элементов следует увеличить на 1–2 мм. Также это следует учитывать при оценке состояния существующих фунда-

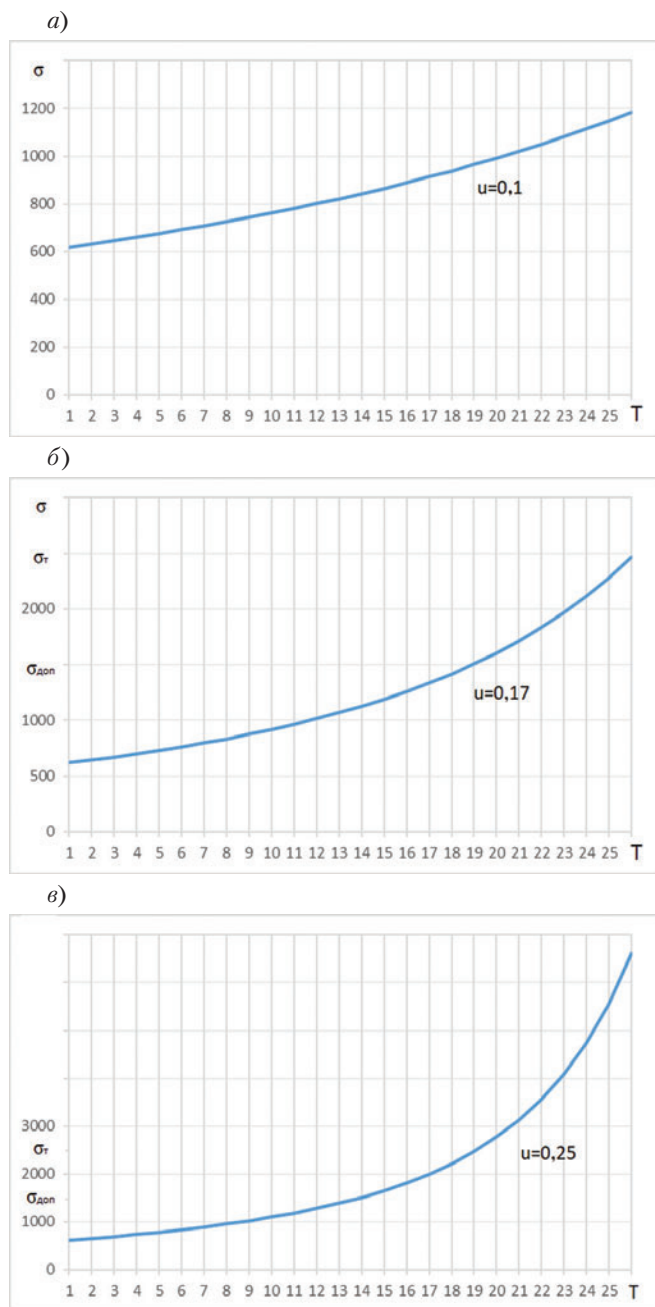


Рис. 1. Зависимость возникающих напряжений в фундаменте от срока эксплуатации при различных значениях параметра u :

а – при $u = 0,1$ мм/год,
б – при $u = 0,17$ мм/год,
в – при $u = 0,25$ мм/год

ментов, когда замеры остаточных толщин конструкций заводом-изготовителем не проводились.

Таким образом, формулу для расчета изгиба пластины (2) можно переписать следующим образом:

$$\sigma = \frac{6M}{(s-u \cdot T)^2}, \quad (10)$$

где u – среднегодовое уменьшение толщины связи, мм/год, вследствие коррозионного износа или истирания, согласно п.1.1.5.2 «Правил Морского Регистра», ч. 2 «Корпус» [5]; T – срок эксплуатации конструкции, годы.

Выводы

Суммируя результаты работы, можно выделить следующее:

- проведен обзор основных формул для расчета судовых фундаментов;
- выполнен анализ зависимостей, изложенных в ОСТ5.1011–83, на основании которого исследован характер влияния изменения толщины опорной поверхности вследствие коррозионного износа на возникающие в ней напряжения;
- полученные результаты могут быть использованы при проектировании конструкций с оптимальным выбором толщины, учитывающим возможный коррозионный износ при заданном сроке эксплуатации конструкции и районе ее расположения.

Литература

1. Васильев А.Л., Глоzman И.К. Судовые фундаменты. – Л.: Судостроение, 1969. – 280 с.
2. ОСТ5.1011–83. Фундаменты под вспомогательные механизмы и котлы, изделия, оборудование и устройства. Правила и нормы проектирования. – Введен 1983–23–08. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1984. – 117 с.
3. Руководство по эксплуатации металлических корпусов, устройств и систем надводных ВМФ (РЭКУС-НК). – М.: Воениздат, 2009.
4. Шиманский Ю.А., Слепов Б.И., Локишин А.З. и др. Справочник по строительной механике корабля. – Т. 2. – Л.: Судпромгиз, 1958. – 528 с.
5. Правила классификации и постройки морских судов/Российский морской регистр судоходства. – Ч.2: Корпус. – СПб., 2020. – 296 с. ■

Одной из основных задач в судостроении является повышение точности изготовления и формирования корпусных конструкций, а также производство укрупненных насыщенных сборочных единиц в чистый размер с помощью размерного контроля.

В настоящее время задача поддержания геометрических размеров конструкций в пределах допусков решается методом компенсации, т. е. назначением монтажных припусков, которые удаляются при подгонке по месту в процессе сборки. В данном случае проектная проработка сборки корпуса судна ограничивается разработкой схемы разбивки корпуса на секции с определением монтажных припусков, указанием расположения базовых плоскостей относительно корпуса судна, а также схемы контрольных линий. Однако количество и местоположение контрольных линий определяется по стандартным рекомендациям, и в РКД на изготовление деталей эта информация не вносится. При проектировании отдельных корпусных конструкций не уделяется внимание соблюдению принципа единства баз, а допуски на размеры деталей и конструкций назначаются директивно, без проведения анализа размерных цепей по корпусу судна. При изготовлении конструкций в чистый размер данного подхода недостаточно.

Размерный контроль стратегически важен для современной конкурентоспособной судостроительной отрасли. Он позволяет снизить количество брака, избежать переделок и организовать строительство судов и кораблей в чистый размер. Также с его помощью становится возможным проводить анализ процесса изготовления, выдавая информацию о готовом изделии. Цель размерного контроля – не только поддержание размеров в пределах допусков, но и помощь при проектировании и производстве качественного продукта.

В основу технологии размерного контроля должны быть положены принципы взаимозаменяемости. Производственный процесс будет экономически эффективен, если при черчении и конструировании крупногабаритных конструкций выполнять без контрольного стыкования. Отдельные части конструкции при укрупнительной сборке должны занимать вполне определенное положение и выполнять определенные функции. Поэтому конструкции, поступающие на сборку, должны удовлетворять требованиям взаимозаменяемости, которые определяются точностью изготовления конструкций, влияющей на эффективность сборочных работ.

Среди различных методов, доступных для автоматизации контроля размеров, можно упомянуть методы визу-

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ И ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

К.О. Будников, инженер-технолог АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 714 8502, budnikov.ko@mail.ru

ализации и лазерной съемки, все более широко используемые. Совершенствование технологии лазерных измерений и электронно-оптических систем обеспечивает высокую точность и скорость, так, например, сегодня современный тахеометр может выполнять безотражательные измерения в диапазоне 2000 м с точностью до 2 мм.

Для возможности применения трехмерного моделирования процессов сборки необходимо проработать методы оценки собираемости при трехмерном представлении корпусных конструкций, систему конструкторских и технологических баз для совместной работы с проектными и фактическими электронными геометрическими моделями, а также методы сборки с трехмерным моделированием процессов.

Необходимость разработки методов оценки собираемости определяется, в первую очередь, изменением способа задания расположения связанных поверхностей. Так, если при традиционных методах проектирования с использованием плоских чертежей расположение связанных поверхностей определяется линейными и угловыми размерами, то при использовании в проектировании электронных геометрических моделей размеры отсутствуют. Связанные поверхности в электронной модели задают виртуально с помощью набора примитивов, которые определяют совокупность точек, имеющих трёхмерные координаты. Соответственно для оценки собираемости возникают затруднения в применении известных методов, основанных на расчете линейных и угловых цепей.

Важным свойством электронных геометрических моделей является то, что они показывают номинальное расположение соединяемых поверхностей. Для определения точности расположения корпусных конструкций следует перейти от задания отклонений расположения соединяемых поверхностей с помощью предельных отклонений угловых и линейных размеров к заданию отклонений расположения соединяемых поверхностей от их номинального положения.

Использование отклонений расположения поверхностей от их номинального положения позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с указанием предельных отклонений размеров. Так, при проектировании упрощается расчет допусков и анализ собираемости соединений за счет того, что отклонение расположения поверхностей от их номинального положения непосредственно определяет замыкающее звено – зазор между корпусными конструкциями.

Важным преимуществом применения отклонений расположения поверхностей от их номинального положения является то, что они не ограничивают способы задания номинального расположения поверхностей. Оно может быть задано как проектной электронной моделью, так и угловыми и линейными размерами, которые координируют расположение поверхностей. Обеспечивается возможность использования любого варианта простановки размеров и необходимого в конкретных условиях процесса изготовления, сборки и контроля корпусных конструкций.

Для выполнения сборки требуется совместное использование проектных и фактических электронных геометрических моделей как для позиционирования отдельных деталей, так и для выполнения контрольных операций.

В связи с конструктивными особенностями при разработке технологий сборки с трехмерным моделированием процессов особое внимание следует уделять способу совмещения или виртуальной сборки проектных и фактических электронных геометрических моделей.

На стадии проектирования при использовании САПР ориентация и закрепление собираемых конструкций для установки их в заданное взаимное расположение производится с использованием граней, вершин, базовых плоскостей, точек или осей и др. с помощью их перемещений, поворотов и ориентации.

После выполнения сканирования объекта электронно-оптической системой информация о поверхности будет представлять собой облако точек. С

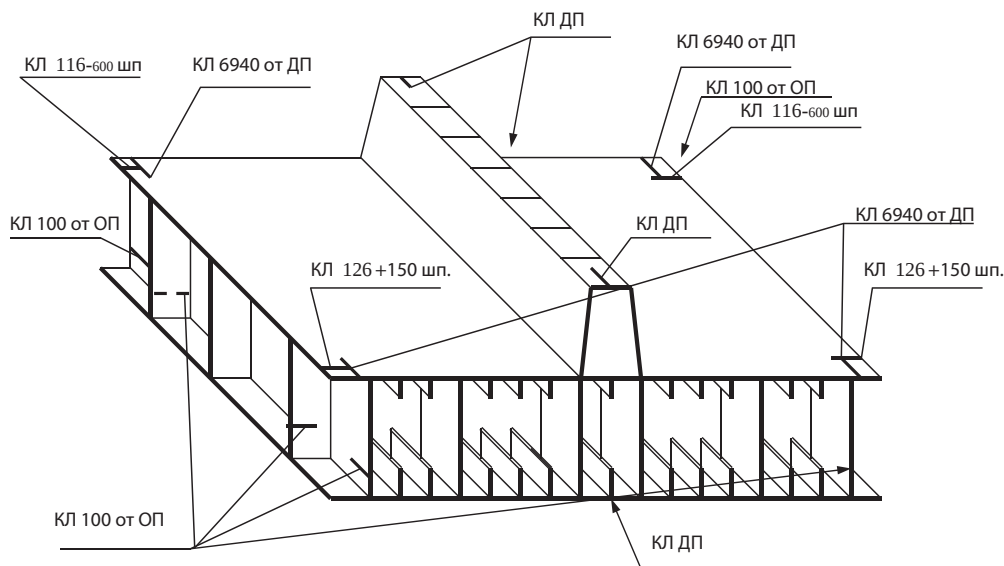


Рис. 1. Пример расположения контрольных линий (КЛ) на днищевой секции [1]

помощью программного обеспечения облако точек может быть заменено набором примитивов. Однако в полученной модели будут отсутствовать базовые элементы, с помощью которых выполнялась ориентация собираемых компонентов при проектировании.

Для деталей простой геометрической формы с одним вариантом соединения сборка не вызовет затруднений, однако для такой сложной системы, как корпус судна, аналогичные методы непригодны. Отсканированное облако точек элементов конструкции будет представлять собой набор поверхностей, образующих конструкцию, однако часть поверхностей может не соединяться, и они не должны учитываться при совмещении проектной и отсканированной модели. Отсюда следует необходимость введения единой системы технологических баз для ориентации конструкций.

Технологические базы должны определять номинальное положение соединяемых поверхностей, зафиксированных электронной моделью, принадлежать реальным поверхностям корпусных конструкций, а также обеспечивать соблюдение принципа единства баз при проектировании, изготовлении, сборке корпусных конструкций, и контроле точности их изготовления. Пример расположения системы баз приводится на рис. 1.

Введение системы баз измерений не требует изменения порядка проектирования корпусных конструкций. Их проектирование может выполняться с использованием традиционных конструкторских баз – основной и диаметральной плоскостей, а также плоскостей

шпангоутов. Нанесение комплекта технологических баз на проектную электронную геометрическую модель выполняется на заключительных стадиях проектирования секции.

Использование единой системы баз позволит применять монтаж конструкций с использованием виртуальной контрольной сборки. Позиционирование деталей выполняют на основе измерения расстояний между реальной поверхностью детали и соответствующей поверхностью проектной электронной модели.

Виртуальная контрольная сборка корпусных конструкций обеспечивает решение оценки собираемости корпусных конструкций, а также устранение возможных нарушений собираемости. Для оценки возможности сборки корпусных конструкций выполняют виртуальную сборку отсканированных элементов корпусных конструкций в электронной модели с помощью установленной системы баз. При обнаружении нарушений собираемости проводят необходимую доработку элементов до начала сборки.

Для контроля точности расположения связанных поверхностей после сборки конструкций сканируют их стыки, после чего проводят объединение с помощью единой системы баз проектной и отсканированной электронной моделей.

В результате совмещения моделей получается две группы поверхностей в единой системе координат – электронной модели, которая фиксирует номинальную поверхность, и отсканированной модели, соответствующей реальной поверхности контролируемого изделия.

Разница между номинальной и реальной поверхностью является величиной, определяющей отклонение расположения рассматриваемого элемента от его номинального положения. Измерения расстояний могут выполняться средствами САПР или с использованием специализированного программного обеспечения. По результатам контроля выполняются работы по устранению отклонений расположения за установленные значения.

Обеспечение точности изготовления и сборки насыщенных крупноблочных корпусных конструкций в чистый размер, а также применение трехмерного проектирования позволит существенно повысить качество готового продукта и производительность труда, а также достичь стабильного качества выполнения работ, минимизировав влияние человеческого фактора на точность постройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.Л. и др. Мировое и российское танкерное судоходство и судостроение. – В 2 т. – Т. 2. // В.Л. Александров, А.С. Бузаков, Г.П. Евдокимов, М.А. Кутейников, С.И. Кучменок, А.А. Петров, В.А. Рогозин. – СПб.: АО «ЦТСС», 2018. – 503 с.
2. Петров Н.В. Применение виртуальных кондукторов и калибров при изготовлении и монтаже сборочно-монтажных единиц по 3D моделям // Судостроение. – 2012. – № 5(804). – С. 55–55.
3. Петров Н.В. Базирование крупногабаритных сборочно-монтажных единиц по методу разовой сборки // Судостроение. – 2012. – № 3(802). – С. 56–58.
4. Шенинг З.Р. Модульно-агрегатный метод монтажа судового оборудования. – Л.: Судостроение, 1991. – 231 с. ■

Несмотря на колоссальные успехи в плане реализации объединенной электроэнергетической системы (ОЭЭС), как, например, разработка компанией American Super Conductor для эсминцев «Zumwalt» ГЭД большой мощности – 2×36,5 МВт с обмотками из высокотемпературных сверхпроводников, прошедших в 2009 г. успешные стендовые испытания, широкого распространения такие системы на перспективных кораблях в дальнейшем не получили.

Очевидными причинами, препятствующими широкому распространению систем полного электродвижения на боевых кораблях, послужили их недостатки, свойственные двойному преобразованию энергии при передаче крутящего момента на винт, а также сложность и громоздкость вспомогательного оборудования, обеспечивающего работу ОЭЭС (электрические генераторы, частотные преобразователи, трансформаторы электроэнергии и др.). Немаловажным фактором является также высокая стоимость основного и вспомогательного оборудования ЭУ с ОЭЭС, соизмеримая с затратами на атомную ЭУ.

По указанной причине за рубежом на боевых кораблях наблюдается отход от использования полного электродвижения и возвращение к использованию частичного, что подтверждается следующей серией британских фрегатов пр. 26 (с 2017 г. по н.в.) с частичным электродвижением, хотя на предыдущей серии эсминцев пр. 45 (2003 – 2013 гг. постройки) аналогичного водоизмещения ~ 8000 т использовалось полное электродвижение.

Впоследствии не получили также значительного серийного строительства и перспективные эсминцы УРО ВМС США «Zumwalt», серия которых на этапе проектирования предполагалась в 32 ед., впоследствии была сокращена до 16 ед., и к настоящему времени ВМС ограничились лишь 3 ед.

По указанной причине для восполнения устаревающего состава флота в ВМС США принято решение закупить серию фрегатов FREMM в количестве 24 ед. разработки компании Fincantieri, которые будут построены на итальянских верфях.

В настоящее время при обосновании перспектив использования полного электродвижения с ОЭЭС на боевых надводных кораблях, ориентируясь на зарубежный опыт, а также с использованием несложных технико-экономических расчетов, следует отходить от иллюзорного мышления о том, что такая система позволит сократить массу и габариты по сравнению с традиционно используемыми ЭУ за счет исключения из состава установки главных редукторных передач и протяженных линий валов, а также будет

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПЕРСПЕКТИВНЫХ БОЕВЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

ЧАСТЬ 2*

В.В. Барановский, д-р техн. наук, проф., зам. ген. директора по энергетическим установкам, судовым системам и устройствам АО «ЦМКБ «Алмаз»,
П.Г. Печковский, канд. техн. наук, зам. ген. директора АО «Корпорация морского приборостроения» по науке и развитию,
контакт. тел. (812) 373 8300, 369 1233

способствовать повышению топливной экономичности за счет современных разработок в области корабельного электромашиностроения и т.п. [8, 9].

На самом деле, о чем свидетельствуют расчеты и опыт проектирования таких кораблей, масса и габариты ЭУ с ОЭЭС возрастут не менее чем в 1,5 раза за счет появления в составе установок массивных электрогенераторов, преобразователей частоты, трансформаторов и в особенности ГЭД. От протяженных линий вала также не удастся избавиться, поскольку массивные ГЭД невозможно разместить в кормовой части корабля, а топливная экономичность ЭУ не только не повысится, но и снизится не менее чем на 5% по сравнению с прямодействующими установками передачи крутящего момента от главных двигателей через редукторный агрегат на винт.

Поэтому, избавившись от иллюзий по поводу существенных преимуществ системы электродвижения на боевых кораблях, необходимо окончательно разобраться в ее целевом предназначении, чтобы при проектировании перспективных надводных кораблей, не преувеличивая ее значимости, отводить ей роль только лишь поисковых режимов ПЛО, т.е. того, ради чего эта система задумывалась изначально.

Дело в том, что как на зарубежных, так и на отечественных надводных кораблях система частичного электродвижения, спроектированная изначально для обеспечения малозумных поисковых режимов, на самом деле выполняет две основные задачи:

- собственно обеспечение поисковых малозумных режимов ПЛО с возможностью управления ГЭУ с ходового мостика (*третье целевое предназначение ЭУ*);
- обеспечение проектной дальности плавания корабля и высокой топливной экономичности на маршевых ходах под ГЭД, учитывая, что последние приводятся в движение от высокоэкономичных дизель-генераторов.

Другими словами, на ГЭД вместе с их приводами возлагается еще и вторая задача целевого предназначения ЭУ – обеспечение топливной экономичности на маршевых ходах. Так, в дизель-электрическом режиме работы зарубежные корабли (фрегаты) могут развивать ход до 16 уз при испытании двух ГЭД (немецкий фрегат F125 – до 20 уз), что занимает ок. 65 % потребностей типовых ходовых режимов, включая малозумные противолодочные операции. Именно под ГЭД обеспечивается проектная дальность плавания кораблей в пределах 6000 миль (FREMM) и 7000 миль («Global Combat Ship»).

Учитывая, что серьезные недостатки системы электродвижения (высокая стоимость, габариты и масса, снижение топливной экономичности) нивелируют ее основное преимущество, для перспективных кораблей необходимо ограничивать ее использование лишь для обеспечения малозумных поисковых режимов (как правило, 10 – 12 уз). На более высоких скоростях хода поисковые режимы ПЛО не осуществляются, так как начинается вмешиваться акустический шум винтов.

Расчетами установлено, что двойное преобразование энергии при передаче крутящего момента на винт на маршевых ходах корабля (16 – 18 уз), для которых рассчитывается проектная дальность плавания, способствует существенному снижению топливной экономичности (рис. 16).

При электрическом способе передачи крутящего момента на винт потери неизбежно составят не менее 10%, что в 2 раза превышает аналогичные потери при механическом способе передачи крутящего момента, наибольшую долю которых составляют потери в главном редукторе. Даже в случае использования современных технологий высокотемпературной сверхпроводимости при электрической передаче крутящего момента вышеуказанные потери можно снизить не более чем на 2 – 3%, по эффективности

* Окончание. Начало см. «Морской вестник», 2022, №2 (82)



Рис. 16. Сравнительная характеристика потерь при электрической и механической передачах крутящего момента от теплового двигателя на винт

ти лишь приблизившись к механическому способу передачи.

Во избежание указанного недостатка, а также осознавая безальтернативность использования электрической передачи крутящего момента на винт при поисковых тихоходных режимах, очередным эволюционным шагом в развитии ГЭУ за рубежом стало разделение мощности ГЭУ при обеспечении маршевых ходов.

Дело в том, что на поисковых режимах ПЛО с буксируемой ГАС надводные корабли ходят на скоростях, как правило, 6 – 10 уз, в отдельных случаях – не более 12 уз. Потребная мощность главных двигателей для обеспечения таких скоростей в 3 раза и более меньше по сравнению с мощностью ГЭУ на маршевых ходах для проектной дальности плавания на скоростях 16 – 18 уз. А на скоростях хода до 22 уз, которые конструкторы стремятся обеспечить работой маршевых двигателей – мощность возрастает многократно.

По указанной причине и с учетом обозначенных выше недостатков частичного электродвижения гребной электропривод необходимо использовать только для поисковых режимов ПЛО, а на маршевых ходах, на которых обеспечивается проектная дальность плавания (16 – 18 уз), необходимо вернуться к непосредственной передаче крутящего момента от дизельного двигателя на винт.

Данный подход позволит, во-первых, существенно (в 2 – 3 раза) снизить массу оборудования системы электродвижения (ГЭД, генераторов электроэнергии, преобразователей, трансформаторов и др.) при сохранении функционального предназначения ЭУ в обеспечении поисковых режимов ПЛО, во-вторых, существенно снизить потери энергии на маршевых ходах, которые свойственны двойному преобразованию энергии при

использовании ГЭД в качестве маршевых двигателей.

За рубежом подобный подход уже реализован компанией RENK путем разработки новой концепции использования электропривода в системе пропульсивного комплекса. В частности, она разработала пропульсивный модуль с высокооборотным гребным электродвигателем, размещенным на единой раме со своей редукторной передачей (рис. 17). Редукторная передача соединяется с линией вала посредством специально разработанной муфты, допускающей смещения в осевом и радиальном направлениях.

Для осуществления поисковых режимов используется высокооборотный гибридный электрический привод (электродвигатель/генератор) меньшей мощности, достаточной для развития скорости хода не более 7 – 10 уз. Указанный электропривод, используемый в составе пропульсивного модуля, вместе со своим редуктором смонтированы на общей

раме. Данная редукторная передача модуля соединяется с линией вала посредством специальной сервоуправляемой соединительной муфты (см. рис. 17).

Такое техническое решение позволяет установить единую раму пропульсивного модуля на корабельном фундаменте через низкочастотные амортизирующие крепления, подсоединив модуль к линии вала после главного редуктора.

Серво-управляемая соединительная муфта обеспечивает как полное рассоединение модуля с валом при работе главного газотурбинного или дизельного двигателя по схеме CODELOG (англ. COmbined Diesel eLectric Or Gas turbine), так и совместную работу ГТД или ДВС по схеме CODELAG (англ. COmbined Diesel eLectric And Gas turbine). Для уменьшения уровня шума гребной электродвигатель/генератор может быть размещен в звукоизолирующем кожухе.

Впервые подобный подход был использован при создании ЭУ перспективного многоцелевого сторожевого (патрульного) корабля ближней морской зоны класса PPA (Pattugliatori Polivalenti d'Alta) разработки компании Fincantieri для ВМС Италии. Всего запланировано построить 16 единиц, а головной корабль был сдан флоту в 2021 г.

На корабле применяется гибридная ЭУ с многократным дублированием привода (рис. 18). Схема носит не самое простое обозначение – CODAGOL (англ. Combined Diesel And Gas Or (diesel)-eLectric).

Энергетическая установка корабля в своем составе включает: 1×ГТД General Electric/Avio LM2500+G4, мощностью – 32,0 МВт, 2×дизельных двигателя MTU 20V8000M91L, мощностью 2×10,0 МВт, 4×дизель-генератора M.A.N. GenSets 12V175D-MEM,

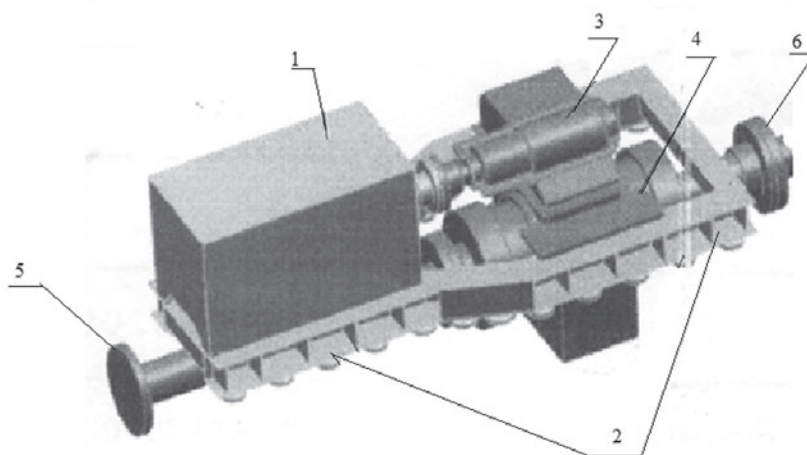


Рис. 17. Общий вид пропульсивного модуля

1 – гибридный электропривод в звукоизолирующем кожухе; 2 – общая рама пропульсивного модуля; 3 – редукторная передача модуля; 4 – серво-управляемая соединительная муфта; 5 – фланцевое соединение модуля с линией вала; 6 – фланцевое соединение модуля с выходным валом редуктора.

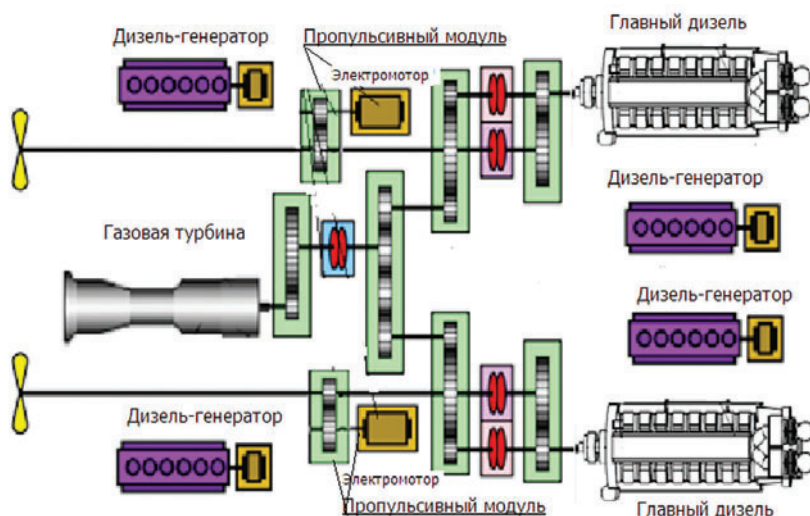


Рис. 18. Структурная схема гибридной ЭУ многоцелевого патрульного корабля РРА ВМС Италии

мощностью 4×640 кВт, 2×реверсивных ГЭД/генератора, мощностью 2×1350 кВт, 2×резервных дизель-генератора Isotta Fraschini 16V170C2ME.

Примечательно, что программа вступления в строй предшественников, многоцелевых фрегатов FREMM, еще только близилась к завершению (в 2020–2021 гг. в состав ВМС успели вступить 8 из 10 кораблей), а компания Fincantieri уже начала работать на перспективу. Она не ограничилась лишь «техническим проектированием», но и были заложены четыре корабля, которые по состоянию на 2022 г. могут рассматриваться как представители самого современного из существующих проектов подобного назначения.

Согласно расчетам, один работающий дизель позволит кораблю маневрировать на скорости 10 – 18 уз. При подключении второго дизеля скорость хода превысит 20 уз. Следующая опция – отключить оба дизеля и запустить газовую турбину, что даст возможность развивать скорость 28 – 29 уз. Четвертая опция – одновременное подключение обоих главных дизелей и газовой турбины, что обеспечивает полный ход 32 уз (проектное значение). Пятый вариант – в случае повреждения дизелей и турбины (или главного редуктора) фрегат способен продолжать движение на одном или двух гребных электромоторах, приводимых в действие основными или аварийными дизель-генераторами. Данный режим также считается основным при патрулировании на малых скоростях (до 7 уз).

С увеличением скорости гребные электромоторы смогут вместе или по отдельности переключаться в генераторный режим, повышая энергетические возможности корабля, что позволяет отключить один или два работающих дизель-генератора.

Для существенного снижения уровня вибрации и шума на поисковых ре-

жимах подводной лодки с помощью серво-управляемой муфты главная редукторная передача может полностью отключаться от валовинии, позволяя вывести из действия главные двигатели (ГТД и ДВС), обеспечив малозумный режим движения корабля только под ГЭД, питаемых электроэнергией от работающих дизель-генераторов.

Подобное схемное решение на сегодняшний день воплощает собой вершину эволюционного развития корабельных ЭУ.

Для реализации подобного технического решения для перспективных боевых кораблей ВМФ РФ потребуются создание пропульсивного модуля, аналогичного разработки компании RENK (см. рис. 17), встраиваемого в линию вала. Техническое решение по разработке стендового образца пропульсивного модуля по предложению АО «ЦМКБ «Алмаз» было внесено в корректируемую ФЦП (2024 – 2033 гг.). Ожидается, что по ее завершении после создания такого образца будет доказана возможность и целесообразность использования такого модуля на перспективных надводных кораблях ВМФ.

Таким образом, согласно *третьему целевому предназначению ЭУ* – обеспечение малозумных поисковых режимов при решении задач ПЛО – в проектно-конструкторских бюро необходимо кардинально пересмотреть устоявшиеся подходы к использованию системы электродвижения на перспективных боевых надводных кораблях.

Основными посылами при обсуждении указанного вопроса должны быть: минимизация мощности гребных электродвигателей в составе ЭУ, достаточной для решения задач ПЛО, и целесообразность использования компактных пропульсивных модулей с высокооборотными ГЭД небольшой мощности с собственной редукторной передачей

и серво-управляемой соединительной муфтой, обеспечивающей соединение-рассоединение модуля с линией вала и главной редукторной передачей.

Это позволяет на поисковых режимах ПЛО полностью отключать главную редукторную передачу от валовинии с возможностью вывода из действия главных двигателей (ГТД и ДВС), обеспечив малозумный режим движения корабля только под ГЭД, питаемых электроэнергией от работающих дизель-генераторов.

На маршевых ходах корабля, обеспечивающих проектную дальность плавания, появляется возможность вернуться к прямодействующей передаче крутящего момента от главных дизелей через редуктор на винт, исключив двойное преобразование энергии с отключением ГЭД от линии вала.

Разработку компактных пропульсивных модулей перспективных надводных кораблей также целесообразно включить в ГП ОПК.

С учетом того, что низкая технико-экономическая эффективность системы полного электродвижения с ОЭЭС, которая способна обеспечивать энергоемкие боевые потребители электроэнергией, в силу ее недостатков, обозначенных выше, практически не имеет шансов на использование на перспективных боевых надводных кораблях.

В связи с этим возникает вполне логичный вопрос о способах реализации *четвертого целевого предназначения ЭУ* – обеспечения перспективных энергоемких боевых потребителей электроэнергией в объемах, соизмеримых с мощностью главной ЭУ. Достичь указанной цели можно на основании перспективных ГТД 5-го поколения и перспективных ЭУ, создаваемых на их основе.

Суть инновационных подходов состоит в решении компромиссной задачи при формировании облика ЭУ перспективных кораблей – обеспечить энергоемкие потребители оружия и вооружения электроэнергией в больших объемах, не допуская значительного возрастания массы, габаритов и стоимости ЭУ, исключив из ее состава элементы системы полного электродвижения: массивные ГЭД, преобразователи частоты и трансформаторы.

Такое решение возможно путем существенного наращивания мощности генераторов электроэнергии за счет симбиоза использования главных газотурбинных двигателей, обеспечив возможность их работы на полных ходах в режиме приводов главной ЭУ, а при необходимости использования боевых потребителей большой мощности – возможность перевода их в режим привода генераторов, отключив ГТД от главных редукторов. При этом корабль на таких режимах сможет развивать скорости маршевых

ходов (16 – 18 уз, по-возможности до 22 уз) под главными дизельными двигателями. Для отключения-подключения) ГТД от главных редукторов и подключения-отключения) их к электрическим генераторам необходимо использовать автоматизированные синхронизируемые быстроразъемные муфты.

Структурные схемы инновационных ЭУ исполнения CODOGOL (англ. Combined Diesel Or Gas Or (diesel)-eLectric) перспективных кораблей основных классов представлены на рис. 19–21, а перспективных авианосцев – на рис. 22.

Преимущество инновационного схемного исполнения состоит в возможности реализации всех основных четырех целевых предназначений ЭУ с наибольшей эффективностью, без использования громоздких и дорогостоящих ГЭД, преобразователей частоты и трансформаторов электроэнергии, свойственных ОЭЭС. При этом могут обеспечиваться:

- режимы полных ходов кораблей при использовании главных ГТД;
- режимы маршевых ходов с высокой топливной экономичностью при использовании главных дизелей;
- поисковые тихоходные режимы ПЛО при использовании пропульсивных модулей, работающих от дизель-генераторов, с отключением от редукторов линий вала и вывода из действия главных механизмов (ГТД и дизелей);
- боевые режимы работы энергоемких потребителей от ГТД, работающих в режиме приводов генераторов, при этом корабли могут развивать маршевые скорости хода (16 – 18 уз и более) от главных дизельных двигателей.

При сравнении с боевыми режимами использования эсминца УРО ВМС США «Zumwalt» (см. табл. 3), у перспективных кораблей с инновационной ЭУ будет наблюдаться существенное превосходство в скоростных и маневренных характеристиках при ведении боевых действий. Кроме того, такая установка существенно менее громоздка, а ее стоимость будет незначительно отличаться от традиционно используемых ЭУ с прямодействующей передачей крутящего момента на винт.

Отличительной особенностью схемного исполнения ЭУ перспективных авианосцев (см. рис. 21) является отсутствие необходимости использования пропульсивных модулей или электродвижения, так как корабли такого класса не осуществляют поисковых режимов ПЛО с буксируемой гидроакустической станцией, отдавая эту функцию кораблям охранения.

Основным препятствием на сегодняшний день для реализации указанного технического решения является

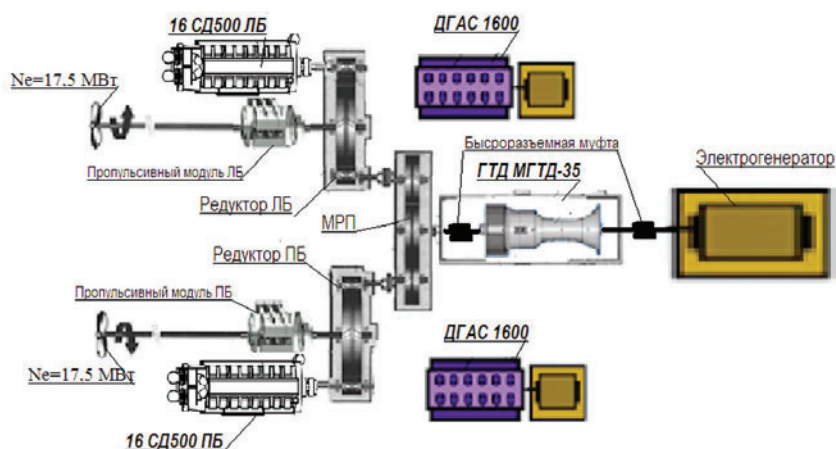


Рис. 19. Структурная схема ЭУ перспективного корвета ($D \approx 3400$ т) и фрегата ($D \leq 6500$ т)

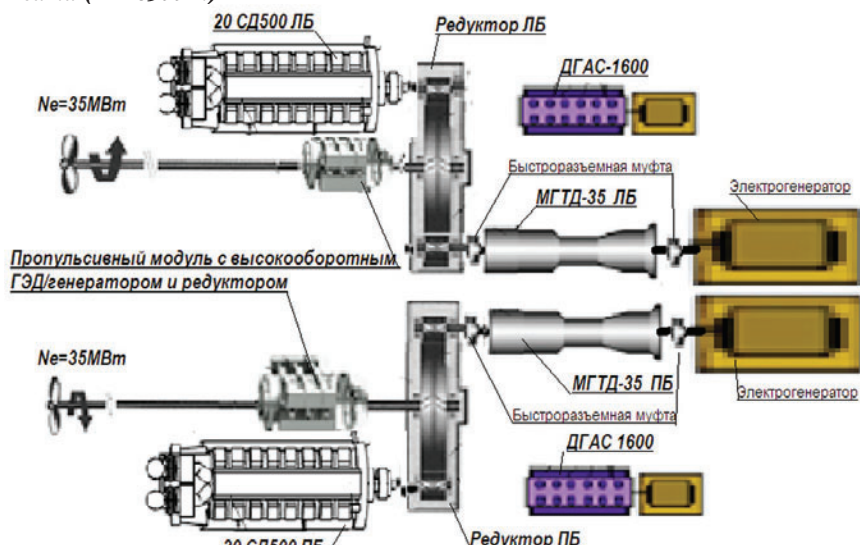


Рис. 20. Структурная схема ЭУ перспективного фрегата ($D \approx 8000$ т) и эскадренного миноносца ($D \approx 10000$ т)

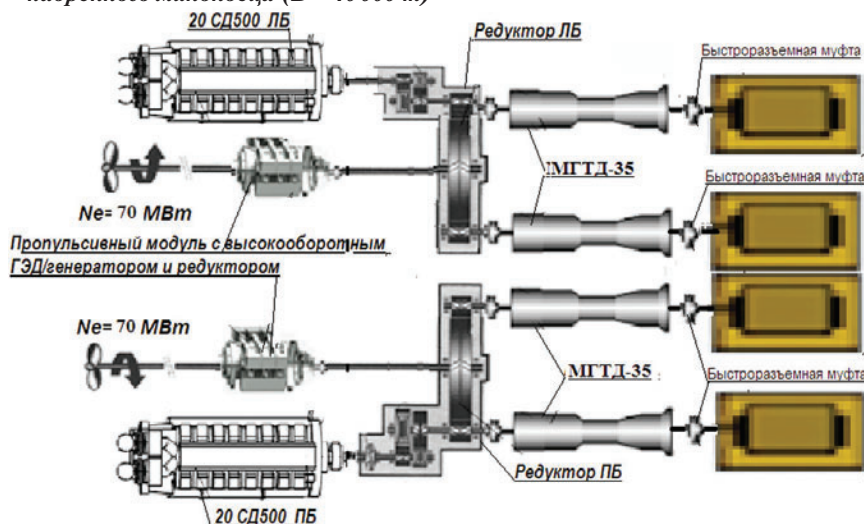


Рис. 21. Структурная схема ЭУ перспективного тяжелого эсминца ($D \approx 14000-19000$ т)

отсутствие инновационных газотурбинных двигателей 5-го поколения большой мощности, которые могут работать как на пропульсивную установку (с выходом вала отбора мощности со стороны силовой турбины), так и в режиме приводов генераторов (с выходом вала отбора мощности со стороны компрессора).

Прообразом таких ГТД может служить двигатель разработки ПАО «ОДК-Сатурн» М70ФРУ-2 с выходом вала отбора мощности со стороны компрессора (рис. 23), предназначенного для десантных кораблей «Зубр» и «Мурена».

Особенностью конструктивного исполнения двигателя является наличие

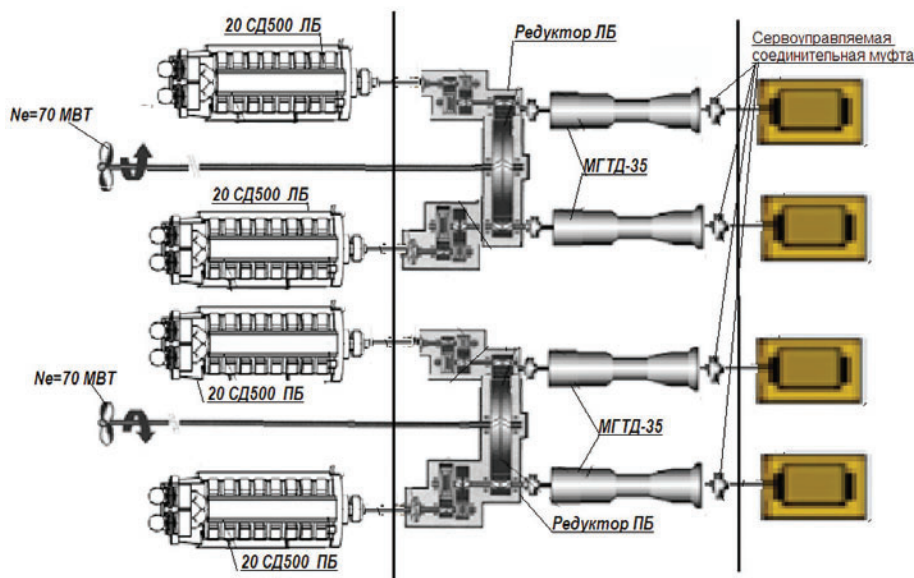


Рис. 22. Структурная схема ЭУ перспективного легкого ($D \approx 45000$ т) и среднего авианосцев ($D \approx 65000$ т)

центрального вала, жестко соединенного с валом силовой турбины, на котором крепится фланец отбора мощности (схемное исполнение «с выходом вала вперед»). Учитывая, что данный ГТД создавался на основе двигателя М70ФРУ, где фланец отбора мощности расположен со стороны силовой турбины, то на двигателе М70ФРУ-2 указанная особенность, т.е. отбор мощности со стороны силовой турбины также сохранилась.

Наличие ГТД М70ФРУ-2 позволяет утверждать, что подобное техническое решение может быть реализовано и при создании перспективного ГТД 5-го поколения МГТД-35.

С учетом появления в ближайшей перспективе энергоемких видов оружия и вооружения, а также электромагнитных катапулт, потребляющих большие объемы электроэнергии, в техническом задании на НИОКР при разработке корабельных ГТД 5-го поколения должны быть прописаны два неотъемлемых условия:

- обеспечение возможности работы ГТД как на пропульсивную установку, так и в генераторном режиме, для чего необходимо предусмотреть два фланца отбора мощности (со стороны силовой турбины и со стороны компрессора);
- частота вращения перспективного ГТД на номинальной нагрузке, учитывая его возможность работы в генераторном режиме, должна составлять ~3000 об/мин, для обеспечения частоты переменного тока 50 Гц.

Разработку перспективных газотурбинных двигателей 5-го поколения МГТД-35 с учетом оказанных конструктивных особенностей также целесообразно включить в ГП ОПК.

Таким образом, интенсивное развитие корабельного оружия и вооружения, изменение характера и способов ведения вооруженной борьбы на море, накладывают определенные специфические особенности на развитие и совершенствование корабельной энергетики, которые не свойственны энергетике гражданского

сектора или даже судовой. Это означает, что направленность развития ЭУ перспективных кораблей не может определяться стихийно, на основе разрозненных устоявшихся подходов конструкторских бюро, энергомашиностроителей, научно-исследовательских организаций, работающих в интересах ВМФ и др. При определении приоритетных направлений развития ЭУ многоцелевых надводных кораблей должны быть консолидированы усилия указанных организаций.

Обозначенные направления развития корабельных ЭУ, по мнению авторов, являются инновационными и способны удовлетворять всему спектру целевого предназначения с высокой степенью технико-экономической и военной эффективности. В то же время многие предлагаемые подходы могут носить дискуссионный характер, поэтому авторы призывают специалистов в данной области и неравнодушных к проблемам развития отечественного ВМФ принять активное участие в обсуждении материалов статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шляхтенко А.В., Захаров И.Г., Барановский В.В. Тенденции эволюционного развития схемного исполнения энергетических установок многоцелевых надводных кораблей // Морской вестник. – 2021. – №3(79).
2. Шляхтенко А.В., Захаров И.Г., Барановский В.В. Анализ обоснованности технических решений при формировании облика энергетических установок перспективных кораблей // Морской вестник. – 2021. – №4(80).
3. А91108201ТУ. Газотурбинный двигатель М90ФР. Технические условия.
4. Чутин П.В. Российский газотурбинный двигатель М90ФР. – Докл. на секции НТО им. А.Н. Крылова 21.03.2018 г., СПб.
5. Чутин П.В. Результаты работы по импортозамещению украинских морских ГТД. – Докл. на межотрасл. науч.-практ. конф. «ВОКОР-2018». ВУНЦ ВМФ «НИИ КиВ», СПб., 2018.
6. Хализов А. Перспективный фрегат проекта F-125 ВМС Германии // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – №5. – С.67-74.
7. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 336 «О внесении изменений в подпрограмму «Создание и организация производства в Российской Федерации в 2011–2015 годах дизельных двигателей и их компонентов нового поколения» федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» на 2007 – 2011 годы».
8. Шинкоренко Д. Перспективы развития энергетических установок надводных кораблей ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение, 2007. – № 1. – С.54–61 и № 3. – С.58–61.
9. Шинкоренко Д. Разработка новых энергетических установок за рубежом – шаг к кораблям нового поколения // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – №11. – С. 62–70. ■

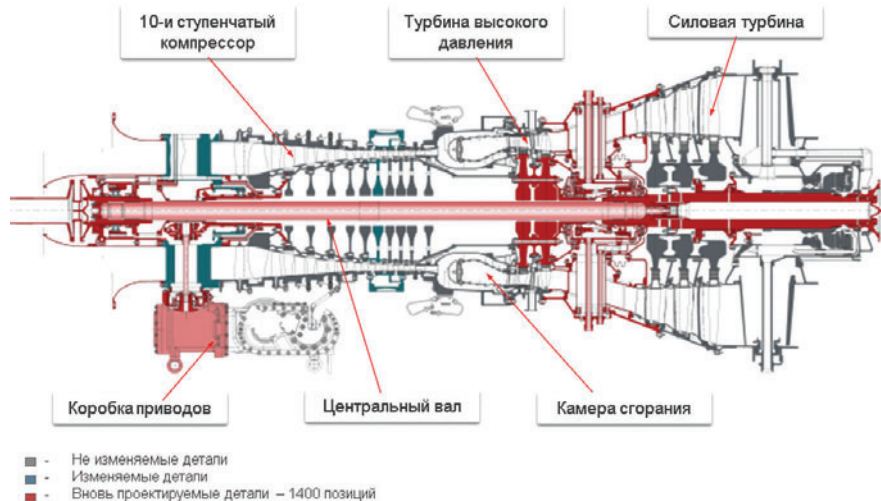


Рис. 23. Разрез газотурбинного двигателя М70ФРУ-2

В 1970 г. в соответствии с решением № 24–607 от 15.04.64 г. Госкомитета по судостроению СССР, СНХ СССР, СНХ РСФСР, СНХ Украинской ССР, Министерства Морского флота, Госкомитета по рыбному хозяйству при СНХ СССР и Министерства Речного флота РСФСР был разработан и создан ряд типизированных рулевых машин серии «Р», от Р01 до Р21, обеспечивающих крутящий момент на баллере (M_B) до 1250 кН·м (125 тс·м).

В указанных рулевых машинах (РМ) в качестве источника гидравлической энергии были применены нижеперечисленные насосы:

- для РМ Р01... Р10 – шестеренные насосы НШ, которые обеспечивали рабочее давление 7 МПа (70 кгс/см²), их и серийно выпускали заводы Министерства сельскохозяйственного машиностроения;
- для РМ Р11... Р21 – аксиально-поршневые насосы типа ПД производства Подольского электромеханического завода, которые обеспечивали рабочее давление 10 МПа (100 кгс/см²). Дополнительно были спроектированы специальные РМ для ВМФ: Р32, Р34 и Р35.

Производство типизированных РМ согласно упомянутому Решению № 24–607 было организовано на Пролетарском заводе в Санкт-Петербурге и на заводе им. Гаджиева в Махачкале. Управление всеми РМ, кроме Р34, осуществлялось от систем управления АТР (авторулевые типизированного ряда) с электрическими обратными связями. Созданные РМ типизированного ряда находились на достаточно высоком уровне по массогабаритным и другим характеристикам; были конкурентоспособны РМ иностранных фирм. Они были рекомендованы к использованию в странах – членах Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) и заменили секторные РМ типа РЭР, а также электрогидравлические машины типа РЭГ (РЭГ1, РЭГ2, РЭГ3, РЭГ4, РЭГ11, РЭГ8, РЭГ7, РЭГ13–1), в которых использовались радиально-поршневые насосы и системы управления типа АР и АБР с механическими обратными связями. Машины типа РЭГ изготавливались ранее на различных неспециализированных заводах: Ижорском и Адмиралтейском (г. Санкт-Петербург), Черноморском (г. Николаев, Украина), Зеленодольском (Татарстан), а также на заводах «Пяргале» (г. Каунас, Литва), «Ленинская кузница» (г. Киев, Украина) и др.

В конце 1960-х гг. поставка насосов типа ПД № 20 была довольно ограничена. Для обеспечения РМ насосами были разработаны и освоены в произ-

водстве РМ Р17 с радиально-плунжерными насосами ЭМН9/3 и МНП 0,14–6.

После образования в 1970 г. ЗАО «ЦНИИ СМ» продолжалось создание и усовершенствование типизированных и других РМ в следующей последовательности:

- создана крупнейшая в то время РМ Р22 для атомного ледокола «Арктика», обеспечивающая момент на баллере 160 тс·м, и Р21 с моментом на баллере 125 тс·м для плавучей рыбопромысловой базы «Восток». Обе машины были укомплектованы насосами ПД № 50;
- создана маломаневренная РМ Р34М для тральщика пр. 266М с улучшенными по сравнению с РМ Р34 габаритными, ресурсными и виброакустическими характеристиками, укомплектованная системой управления типа «АИСТ» (взамен АТР);
- освоено производство РМ Р35 с насосными агрегатами типа НА360С, которые установлены на кораблях пр. 1143 («Киев», «Минск», «Новороссийск» и др.) и ТАРКР пр. 1144 (типа «Киров»);

После освоения производства лицензионных аксиально-поршневых насосов типа НК создан ряд исполнений усовершенствованных типизированных РМ типа М1, которые по сравнению с РМ типа Р имеют ряд весьма существенных преимуществ:

- более высокое рабочее давление (16 МПа вместо 10 МПа в типизированных РМ);
- увеличенный в 1,6 раза момент на баллере при сохранении массогабаритных характеристик;
- более высокий ресурс (до 50...60 тыс. ч до заводского ремонта);
- меньшую мощность электродвигателей, установленных в насосных агрегатах РМ.

Первые РМ с насосами НК (РМ Р21М1 с насосами НК50) были установлены:

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА РУЛЕВЫХ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ СИЛОВЫХ ПРИВОДОВ УСПОКОИТЕЛЕЙ КАЧКИ, СУДОВЫХ КРАНОВ И УСТРОЙСТВ ТРАНСПОРТИРОВКИ КОРАБЕЛЬНЫХ ВЕРТОЛЕТОВ

Ю.В. Копытов, гл. конструктор,

Д.В. Суслов, канд. техн. наук, гл. инженер,

ЗАО «ЦНИИ СМ»,

контакт. тел. (812) 640 1051, sudmash@sudmash.ru

- на атомном ледоколе «Сибирь» и ледоколах финской постройки «Владивосток», «Капитан Макаров» и других;
- на супертанкерах пр. 1551 типа «Крым» (РМ Р26 и Р26М1 с насосами «Брюнингхаус-63» и НК63);
- на сухогрузах пр. 1585 (типа «Герои панфиловцы») и пр. 1568 (РМ Р18М1 с насосами НК40);
- на сухогрузах пр. 1593 и 1609 (РМ Р24 с насосами НК50).

С 1981 г. началось создание РМ модификаций М1–1 и М3 (Р15, Р17, Р18), отвечающих требованиям Международной конвенции по охране человеческой жизни на море «СОЛАС–74».

Указанные требования конвенции «СОЛАС–74» введены в Правила Российского морского регистра судоходства и реализованы в РМ благодаря созданию системы автоматического разделения гидросистем. С 1992 г. эти требования стали предъявляться и к РМ надводных кораблей ВМФ.

В 1970 г. был разработан стандарт ОСТ5.4011–70 на «Машины рулевые гидравлические ручные и с приводным насосом». На его базе разработаны чертежи ряда машин с МБ от 0,016 кН·м (0,16 тс·м) до 0,16 кН·м (1,6 тс·м). Производство машин было освоено по линии СЭВ в г. Варна (Народная Республика Болгария) и на Пролетарском заводе.

С 1995 г. были адаптированы отечественные РМ к системам управления инофирм: «Аншютц», «Атлас-Электроник», «Сперри», «Токимек».

Параллельно с вышеуказанными мероприятиями РМ Р15... Р17 были модернизированы (введены исполнения М1–2, М3–2) благодаря разработке кулисных механизмов передачи движения от плунжеров к румпелю вместо шарнирных, что позволило значительно (на 10...15%) уменьшить длину РМ.

Для ВМФ созданы специальные исполнения РМ (Р06МД, Р07М, Р15М2,

Р15М2–2, Р17М2, Р18М2 и т.д.), установленных на кораблях проектов «Молния», «Слепень», 956, 1155, 1164 и др.

Для обеспечения управляемости судов и кораблей с новыми принципами поддержания (на подводных крыльях – ПК) и на воздушной подушке – КВП) создан ряд приводов электрогидравлических следящих (ПЭГС). Данные приводы, в отличие от РМ водоизмещающих судов и кораблей, устанавливаются вне корпуса, в стойке крыла (для судов на ПК) и горизонтально. ПЭГС являются весьма быстродействующими и обеспечивают до 15 перемещений в секунду вертикальных рулей и поворотного крыла закрывков.

Отечественные корабли на ПК и ВП оснащены ПЭГС, разработанными ЗАО «ЦНИИ СМ».

Первый наиболее крупный привод (ПЭГС1) был изготовлен на Пролетарском заводе. В дальнейшем производство приводов от ПЭГС4 до ПЭГС16 было освоено на Машиностроительном заводе им. С. М. Кирова (г. Алма-Ата, Казахстан).

При участии сотрудников ЗАО «ЦНИИ СМ»:

- изготовлен и испытан привод поворотной насадки заказа «Бентос-300» в 1972 г.;
- проведены межведомственные испытания РМ заказа «Тетис» в 1972 г.;
- изготовлены и испытаны РМ ВР, КГР и НГР для подводной базы-лаборатории (ПБЛ) пр. 1840 в 1975 г.;
- проведены предварительные испытания устройства отдачи изделия «Надежда» в 2009 г.

Характеристики РМ различных типов и динамика изменения их параметров приведены в табл. 1.

Увеличение массы РМ РЭГ8-ЗМЭ по сравнению с РМ Р17М1, Р17М1–3 вызвано необходимостью использования в машинах насосных агрегатов с двухкаскадной амортизацией для

обеспечения требований ВМФ и включения в состав РМ резервного агрегата равной мощности с основными агрегатами.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РУЛЕВЫХ МАШИН ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Параллельно с проектированием и освоением производства РМ для подводных кораблей и судов ЗАО «ЦНИИ СМ» в течение всего периода существования вело проектирование РМ для подводных лодок (ПЛ). К 1970 г. в ЗАО «ЦНИИ СМ» были спроектированы РМ для ПЛ пр. 667, 667А, 661, 671, 670, 641Б и др.

Ряд РМ АПЛ оснащался насосными агрегатами типа НА и НА-С, которые были разработаны ЦНИИ автоматики и гидравлики (г. Москва) по техническому заданию отдела РМ ЗАО «ЦНИИ СМ» и изготавливались Подольским электромеханическим заводом.

В дальнейшем эти агрегаты, обладавшие высокими эксплуатационными характеристиками, были использованы и в других механизмах разработки ЦНИИ СМ: устройствах постановки и выборки (УПВ), автоматизированных комплексах «Енисей», в механизмах силовых приводов успокоителей качки УК-89-ЗМ, РМ Р35. Развитие проектирования РМ ПЛ последовательно осуществлялось по следующим направлениям:

А. *Проектирование и освоение производства РМ под конкретные проекты.* ПЛ пр. 661 была первой, оснащенной РМ, спроектированными специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ». Затем были спроектированы РМ для проектов: 705, 670М, 1840, 949, 949А, 685, 945, 941, 877, 877Б, 971, 865, 01710, 06678, 690М, 957, 958, 955, 955А, 09852, 09853, а также для глубоководных аппаратов «Тетис», «Тинро-2», «Бентос-300» и проектов 19100, 19102, 18511, 10831.

В 1970–1990 гг., в период наиболее интенсивного развития флота СССР, строительство ПЛ вели ГУП «Адмиралтейские верфи», ПО «Севмашпредприятие», завод «Красное Сормово» и АО «Амурский судостроительный завод». Рулевые машины для ПЛ изготавливались на Пролетарском заводе, а некоторые и на заводах-строителях. Гидравлическое оборудование РМ (гидроцилиндры и золотники) изготавливались на машиностроительном заводе им. С. М. Кирова (г. Алма-Ата, Казахстан).

Отличиями РМ от других механизмов ПЛ являются:

- жесткая привязка к габаритам и особенностям корпусных конструкций;
- повышенные требования к весовым характеристикам;
- высокие нагрузки при эксплуатации;
- размещение ряда узлов и механизмов вне общего корпуса;
- чрезвычайно сложная кинематика в осуществлении последовательности операций носовых горизонтальных рулей, связанная с тонкостями настройки из-за упругой деформации узлов.

Из-за указанных особенностей при проектировании РМ чрезвычайно сложно было унифицировать РМ. Тем не менее были разработаны два крупных отраслевых стандарта: на узлы кормовых и носовых РМ. В соответствии с отраслевой программой стандартизации эти стандарты были разделены на ряд отраслевых: муфты, тяги, направляющие, клапанные коробки, соединения валов с рычагами, сальники, гидроцилиндры, золотники.

Б. Следующим этапом в проектировании стало *применение кормовых РМ одного проекта в качестве РМ ПЛ другого проекта.* В частности, было предложено для ПЛ пр. 690М использовать с небольшой модификацией РМ ВР и КГР пр. 877.

В. Далее в соответствии с серьезной задачей, поставленной правительством, стало *улучшение специальных характеристик РМ* и доведение их до современных требований скрытности ПЛ. Эта задача совместно с ЦКБ-проектантами была решена в 1992 г. В результате РМ проектов 949А и 971 удовлетворяют современным требованиям к специальным характеристикам.

К настоящему времени РМ заказов проектов 10851 и 10852 отвечают наиболее жестким требованиям к таким характеристикам.

Г. Значительным шагом в освоении новой продукции стало *вынесение за общий корпус (ОК) гидравлических механизмов РМ.* Впервые такие механизмы были установлены на РМ пр. 971, затем на РМ пр. 945, а в 2021 г. – на РМ пр. 09851.

Таблица 1

Динамика изменения параметров рулевых машин

Марка рулевой машины	Момент на баллере, кН·м (тс·м)	Габариты, L×B×H, мм	Масса G, кг	Мощность электродвигателя N, кВт
Р16	250 (25)	3760×2210×1430	6450	17
Р15М1-1		3350×2060×1390	4900	15
Р15М1-2, Р15М3-2		2870×2115×1155	4500	15
Р18	630 (63)	5090×2855×1645	14150	55
Р17М1-1		4380×2620×1560	9400	37
Р17М1-2, Р17М3-2		3810×2382×1267	8800	37
РЭГ8-ЗМЭ		3700×2400×1460	13500	22
Р20	1000 (100)	5760×3350×1100	21200	65
Р18М1-1		5090×2850×1420	15200	45
Р18М1-2, Р18М3-2		4470×2810×1315	13100	45
Р22		6430×5075×1195	26900	72
Р21М1-1	600 (160) 2000 (200)	5550×3430×1200	23000	55
Р21М1-3)		5550×3430×1200	23000	55

ОСОБЕННОСТИ РУЛЕВЫХ МАШИН КАК РЕЗУЛЬТАТ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

РМ как надводных кораблей, так и подводных лодок (ПЛ), – это постоянно работающие механизмы. Поэтому к ним предъявляются повышенные требования по надежности и ресурсу.

Старинная немецкая поговорка говорит: «Когда не тянет руль, судно тянет на скалы», что вполне оправданно. Достаточно сказать, что наработка РМ всегда больше, чем главных механизмов, так как механизмы РМ надводных кораблей и судов для прогревания запускают за 2 часа до их выхода.

Поскольку ряд постоянно работающих узлов РМ ПЛ находится вне основного корпуса, к металлам, из которых изготавливаются такие узлы, предъявляются повышенные требования по прочности и коррозионной стойкости, качеству покрытий металлов, уменьшению трудоёмкости обслуживания РМ.

В случае применения РМ на судах речного и рыбопромыслового флота, работающих в стесненных условиях, РМ должны обеспечивать повышенные углы перекладки.

Рулевые машины кораблей и судов всегда находятся в корме и, обладая значительной массой, имеют тенденцию к созданию дифферента на корму. Поэтому задача уменьшения массы РМ является первостепенной.

Для достижения необходимых характеристик ЗАО «ЦНИИ СМ» в период государственного финансирования было проведено большое количество научно-исследовательских работ:

1. Тема «Ресурс 22» была единственной темой третьего Главного управления Министерства судостроительной промышленности, в состав которого входило ЗАО «ЦНИИ СМ». Работа закончена в 1981 г., в срок. В процессе выполнения этой темы были разработаны и изготовлены:

- насосы с повышенным ресурсом типа НК-Р (НК25–00 Р и НК40–00 Р);
- РМ ОР22 с дифференциальным приводом и ступенчатым регулированием, основанном на новых принципах;
- система управления «АИСТ-Р» с повышенным ресурсом.

2. Тема «Ресурс-20». В ходе ее выполнения:

- разработаны новые коррозионно-стойкие стали 07Х16 Н4Б, 08Х17 Н6Т для деталей трения забортовых узлов РМ;
- определены покрытия деталей трения из коррозионно-стойких материалов вне основного корпуса, обеспечивающие ресурс РМ. Разработанные мероприятия внесены

в ОСТ5 Р9048 «Антифрикционные покрытия»;

- определена возможность использования углепластика типа УГЭТ для работы вне общего корпуса в паре с деталями из стали и спецсплава.

3. Созданы системы диагностики РМ: остаточного ресурса РМ для надводных кораблей;

- наработанного ресурса для РМ ПЛ.

4. Проведены работы по созданию РМ надводных кораблей, обеспечивающих повышенный угол перекладки.

5. Созданы роторные (лопастные) РМ, которые впервые были разработаны в 1968 г. Наиболее сложной проблемой в при этом является уплотнение лопастей.

По государственному контракту 164 11.4432017.09.02 от 14.10.2016 г. за счет госбюджета в 2018 г. ЗАО «ЦНИИ СМ» была разработана и изготовлена роторная РМ. По сравнению с традиционными плунжерными РМ роторные имеют ряд преимуществ, что отражено в табл. 2.

но и разработало отраслевой стандарт ОСТВ5 Р.2427 «Гидроцилиндры поршневые изделий 21. Конструкции и размеры», что позволило ему стать базовым предприятием по цилиндрам всех механизмов ПЛ; разработаны и созданы опытные образцы систем диагностики РМ: остаточного ресурса для РМ надводных кораблей и наработанного ресурса для РМ подводных лодок.

МЕХАНИЗМЫ СИЛОВЫХ ПРИВОДОВ УСПОКОИТЕЛЕЙ КАЧКИ

Механизмами силовых приводов (МСП) успокоителей качки (УК), разработанными ЗАО «ЦНИИ СМ», оснащены все надводные корабли ВМФ, а также правительственная яхта «Чайка» (пр. 1360).

Производство УК впервые было освоено на Ленинградском Металлическом заводе (ЛМЗ), устройства 77 – на Зеленодольском судостроительном заводе. С 1975 г. производство УК, в том

Таблица 2

Сравнительные характеристики роторных рулевых машин

Параметр	Тип и индекс рулевой машины					
	Плунжерная Р15М-1, Р15М1-3	Роторная РРМ 160	Плунжерная РМ 250-2	Роторная 1РРМ250	Плунжерная РЭГ8-3МЭ	Роторная РРМ 630
Момент на баллере, кН·м (тс·м)	160 (16)	250 (25)	630 (63)	160 (16)	250 (25)	630 (63)
Масса РМ силового привода, кг	4900, 4300	5450	6000, 3045	6240, 3237	12 280, 9940	9900, 6350
Габариты силового привода, мм	3350× ×2600× ×1120	1655× ×1655× ×919	2880× ×1890× ×760	1865× ×1865× ×795	3700× ×2400× ×1410	1475× ×1490× ×858

6. Уплотнены штоки гидроцилиндров РМ.

В результате выполнения перечисленных НИОКР достигнуто следующее:

- ресурс РМ надводных кораблей и подводных лодок до заводского ремонта повышен до 50...60 тыс. часов при сохранении очень высокого коэффициента вероятности безотказной работы (до 0,96);
- внедрены в производство современные покрытия, обеспечивающие с заданным ресурсом работу узлов трения, расположенных вне общего корпуса;
- внедрены в проектирование и производство новые коррозионно-стойкие стали для деталей трения забортовых узлов РМ;
- впервые в РМ проектов 865 и 01710 применены пары трения из материалов САММ, УГЭТ, УГЭТ-ТН. Проведенные ресурсные испытания показали, что детали из указанных материалов в паре с деталями из стали и спецсплава обеспечивают при работе без смазки в морской воде требуемый ресурс РМ;
- ЗАО «ЦНИИ СМ» не только создало надежные конструкции РМ,

числе МСП, было передано на Пролетарский завод.

В ЗАО «ЦНИИ СМ» были разработаны МСП успокоителей качки УК134, УК135, устройства 77, УК89, УК89-3М. МСП всех перечисленных УК состоят из ряда приводов (стопоров, выдвижения, перекладки). Такие механизмы и ниши УК занимают очень большой объем внутренних помещений корабля. Для более рационального использования этого объема в последние годы расширилось использование УК с неубирающимися рулями. Были разработаны и созданы МСП УК6, УК6-1, УК4,5 а также разработан МСП УК3.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРАНОВ

Проектирование судовых палубных кранов различного назначения и грузоподъемности – одно из важнейших направлений работы ЗАО «ЦНИИ СМ».

Началом этому послужило освоение лицензии шведской фирмы «Hagglunds» на кран С818 грузоподъемностью 8 т с вылетом стрелы 18 м. Разработанные на его основе в 70-х гг. краны КЭГ12518 и 2КЭГ12518 грузоподъемностью 12,5 т и 2×12,5 т явились основой

Судовые электрогидравлические краны типа КЭГ

Тип крана	Грузоподъемность, т	Макс. вылет стрелы, м	Кол-во выпущенных кранов, шт.	Область применения
КЭГ8018	8	18	1012	Сухогрузные суда различного назначения, в том числе пр. 1563
КЭГ8014	8	14		
КЭГ8014М	8	14	2	Танкер пр. 15010
КЭГ8012	8	12	Головной образец	Морской буксир пр. 16570
КЭГ10032 «Атлант»	10	32	То же	Док. пр. 19563
КЭГ10020	10	20	« «	Сухогруз пр. 19610
КЭГ12518	12,5	18	366	Сухогрузные суда, в том числе арктические, морские нефтебуровые платформы
КЭГ12524 «Атлант»	12,5	24	3	Морская нефтебуровая платформа
КЭГ12015/11 (двухгазовые)	12	15/11	Головной образец	Гидрографическое судно
2КЭГ12518	25	18	122	Сухогрузные суда пр. 1585 и др.
КЭГ20526	25	26	Головной образец	Сухогруз пр. 19610
КЭГ2013	2	13	То же	Танкер пр. 00120
КЭГ16018 «Атлант»	16	18	Головной образец	Причал катеров и яхт в г. Сочи
КЭГВ12520	12,5	20	То же	Морские нефтебуровые платформы СП «Вьетсовпетро»
КЭГВ8024	8	24	6	Морские нефтебуровые платформы СП «Вьетсовпетро»
КЭГ 12518 7028	12,5 7	18 28	Головной образец	Морская нефтебуровая платформа, Мексика
КЭГ 16019	16	19	То же	Ледокол «50 лет Победы»
КЭГ 16019-1*	16	19	« «	
КЭГ80019**	80	19	« «	Корабль пр. 20380
КЭМ18**	18	–		ПАТЭС «Академик Ломоносов»
КЭМ18-01***	18	–		
КЭМ20/5***	20/5	–		
КЭМ20	20	–		
КЭМ18-02	18	–	Головной образец	Заказ пр. 11442М «Адмирал Нахимов»

* Краны 16019-1 предназначены для работы в активной зоне и в отличие от крана 16019 управляют дистанционно.

** Краны КЭГ80019 предназначены для осуществления специальных операций.

*** Краны КЭМ18, КЭМ18-01, КЭМ20/5 предназначены для работы в активной зоне.

- устройств транспортировки вертолетов и привода ворот ангара (УТВ);
- комплексов устройств хранения и подачи боезапаса на вертолеты, транспортировки вертолетов и привода ворот ангара (комплексы УХПТ и УХПТВ).

В табл. 4 указаны основные типы разработанных и внедренных УТ, УТВ, УХПТ, УХПТВ, их краткие технические характеристики и область применения на отечественных и зарубежных кораблях.

На всех кораблях УТ и УТВ обеспечивают автоматическую, при управлении с пульта, транспортировку вертолетов, открытие ворот ангара и при необходимости автоматическую остановку вертолета над погребом хранения АБЗ (авиационного боезапаса).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видим, развитие проектирования рулевых машин, силовых приводов усилителей качки, устройств перемещения

вертолетов и судовых кранов в течение более 50 лет велось с использованием новейших технологий производства и новых методов проектирования.

За указанный период по перечисленной тематике 32-го отдела оформлено более 200 авторских свидетельств и патентов, правообладателем которых является ЗАО «ЦНИИ СМ»:

Количество внедренных патентов при создании рулевых машин – восемь, судовых кранов – девять, устройств транспортировки вертолетов – два.

За последние годы ЗАО «ЦНИИ СМ» разработаны следующие механизмы:

- рулевая машина РЭГ8-3МЭ для пр. 23550,
- технический проект рулевой машины Р17М-2 для пр. 18290, на котором предполагается установка двух рулевых машин,
- роторная рулевая машина РРМ160,
- кран КМС-6,

для оснащения отечественного флота палубными грузовыми средствами.

Кранами этих типов, большинство из которых успешно эксплуатируется до настоящего времени, что свидетельствует о высокой надежности и долговечности и самих кранов и их основных механизмов, оснащено более 30 судов, принадлежащих иностранным судовладельцам.

Разработанные к концу 1980-х гг. краны типа «Атлант» с вылетом стрелы до 26 м отличаются повышенными скоростями подъема груза, поворота и изменения вылета стрелы, усовершенствованными гидроприводом и системой управления. Эти характеристики и комфортабельность кабины крановщика соответствуют самым современным требованиям, предъявляемым к таким механизмам.

Конструкция крана «Атлант» позволяет за счет изменения кратности грузового и стрелового полиспаста изменять грузоподъемность его различных модификаций в пределах 12,5 ...25 т.

Специфика работы кранов в открытом море по постановке-снятию гидрографического оборудования нашла свое отражение при создании кранов, компенсирующих вертикальное перемещение груза от качки при волнении до 3...4 баллов. Вопрос компенсации качки решен в конструкции крана КЭГ12015/11, предназначенного для установки на гидрографическое судно.

Разработанный в конце 1990-х гг. кран КЭГ2013 грузоподъемностью 2 т с вылетом стрелы до 13 м является базовым для создания ряда кранов малой грузоподъемности, как вспомогательных для обеспечения собственных нужд судна, так и кранов для работы со шлангами на нефтеналивных судах.

Созданные в 1990-е гг. по заявкам инозаказчиков краны КЭГ12518 различных модификаций с вылетом стрелы 20, 24 и 28 м, предназначенные для установки на морские буровые стационарные и полупогрузные платформы, успешно прошли испытания и эксплуатируются в Южно-Китайском море и в Мексиканском заливе.

В табл. 3 указаны основные типы разработанных и внедренных ЗАО «ЦНИИ СМ» судовых кранов, представлены их краткие технические характеристики и область применения на отечественных и зарубежных судах, буровых платформах и других объектах.

УСТРОЙСТВА ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЕРТОЛЕТОВ, КОМПЛЕКСЫ УХП И УХПТВ

Начиная с 2000 г. в ЗАО «ЦНИИ СМ» освоена новая специализация по созданию:

- устройств транспортировки (УТ) вертолетов со взлетно-посадочной площадки (ВППл) в ангар и обратно;

Устройства транспортировки (УТ), транспортировки и привода ворот ангара (УТВ), комплексы УТПВ, УХПТ и УХПТВ

Тип устройства или комплекса	Масса перемещаемого вертолета	Скорость перемещения, м/с Малая Большая	Длительность открывания-закрывания ворот, с, не более	Автоматическая остановка вертолета в ангаре	Автоматическая остановка над погребом для выгрузки АБЗ	Область применения
УТПВ КЭГМ	12,5	$\frac{0,133-0,2}{0,267-0,4}$	60	Обеспечивается	Обеспечивается	Отечественные и экспортные заказы пр. 11356
УХПТ УТ	12,5	$\frac{0,133-0,2}{0,267-0,4}$	60	« «	« «	Заказы пр. 20380 и пр. 20385
УТ	12,5	$\frac{0,195-0,205}{0,39-0,405}$	60	« «	« «	Заказы пр. 11711, зав. № 0301, 0302
УХПТВ УТВ	12,5	$\frac{0,195-0,205}{0,2395-0,405}$	60	« «	« «	Заказы пр. 22350
УХПТВ УТВ	12,5	$\frac{0,195-0,205}{0,39-0,405}$	60	« «	« «	Экспортные заказы пр. 956ЭМ

- кран КЭМ18 для заказа пр. 11442М. Изготовлены;
- рулевые машины ВР-К, КГР-К и НГР-К пр. 09851,
- рулевая машина НГР пр. 09852.

ЛИТЕРАТУРА

1. Огарков Л. Ф., Копытов Ю. В. Пути развития электрогидравлических рулевых машин большой мощности // Судостроение. – 1973. – № 6. – С. 15–20.
2. Шиманский Н. А. Перспективы совершенствования конструкции рулевых машин на базе гидравлических лопастных приводов поворотного вала // Судостроительная промышленность. – Сер.: Технология и организация производства. Судовое машиностроение. Опыт проектирования и создания судовых механизмов. – 1997. – Вып. 1. – С. 47–51.
3. Копытов Ю. В., Чунов В. А. Создание термостойких сальников рулевых машин // Морской вестник. – 2007. – № 1. – С. 95–98.
4. Копытов Ю. В., Суслев Д. В. Результаты испытаний устройства транспортировки вертолетов и привода ворот на кораблях ВМФ различных проектов // Морской вестник. – 2008. – № 2. – С. 45–47.
5. Копытов Ю. В., Скороходов Д. А. Определение ресурса насосов в различных режимах работы // Морской вестник. – 2015. – № 1. – С. 52–54.
6. Копытов Ю. В., Попов Б. В. Основные структурные и конструктивные элементы технической диагностики рулевых машин // Вопросы судостроения. – Сер.: Судовые энергетические установки. – 1984. – № 25. – С. 87–92.
7. Здрогов В. Б. Конструктивные особенности и пути совершенствования технических характеристик судовых электромостовых кранов // Морской вестник. – 2022. – № 2.
8. Харазов А. М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение. – 1979.
9. Макаров Р. А. Средства технической диагностики. – М.: Машиностроение. – 1981. ■

Хорошо известно, что надежность – один из сложных показателей качества выпускаемой продукции. В соответствии с только что принятым стандартом ГОСТ Р 27.102–2021 [1], надежность – комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность или сохранность, а также может определяться сочетанием указанных свойств.

В соответствии с тем же ГОСТ, резервирование – способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения служебных функций. Технологическое резервирование предполагает использование различных технологических приемов или операций в качестве дополнительных средств или возможностей.

Развитие хозяйства страны связано с использованием разнообразной техники, созданием мощной технической базы всех отраслей промышленности. Но какими бы совершенными по своим технико-экономическим характеристикам ни были бы машина и различное оборудование, они не смогут найти широкого и эффективного использования, если показатели их надежности, в пер-

вую очередь их безотказность, не будут достаточно высокими. Убытки государства вследствие недостаточной надежности машин и оборудования оцениваются многими миллиардами рублей в год.

Проблема повышения надежности особенно актуальна для судового энергетического оборудования, которое, как правило, относится к изделиям судового машиностроения, не восстанавливаемым в период рейса. На судах и кораблях используют всевозможные конструкции оборудования, характеризующиеся разнообразием рабочих сред и параметров,

применяемыми материалами, а также различными требованиями, предъявляемыми к показателям их надежности. Специфические условия эксплуатации: высокая влажность, постоянная вибрация, частые изменения режимов ходовых нагрузок и т. п. – вызывают ускоренное снижение первоначальных качественных показателей. Мелкосерийность и раздробленность изготовления судового энергетического оборудования на многих заводах судостроительной отрасли и предприятиям других отраслей не способствуют обмену передового техноло-

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ – НОВЫЙ ПРИНЦИП ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВЫСОКООТВЕТСТВЕННОГО СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

А.Е. Васильев, д-р техн. наук, зав. кафедрой,
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 713 8405, +7 (911) 170 9385

Судовые энергетические установки и их элементы

Судовые энергетические установки и их элементы

гического опыта и межотраслевой технологической кооперации.

Кроме того, принадлежность энергетического оборудования, эксплуатируемого на судах различных ведомств (морской флот, речной флот, рыболовецкий флот, флот судов, подведомственных Академии наук РФ) и кораблях ВМФ, затрудняет сбор достоверной информации о его отказах, а также условия и конкретные обстоятельства выхода из строя.

Как показывают исследования [2], 53% отказов судовых энергетических установок происходит по причине выхода из строя парогенераторов или котлов, 13% – главных турбозубчатых агрегатов и 34% – прочих машин и механизмов, обслуживаемых теплообменным оборудованием. При этом в первой группе 42% отказов возникает из-за нарушений герметичности соединения труб с трубными решетками, во второй – 11% и в третьей – 14%. Таким образом, 67% отказов судовых энергетических установок происходит вследствие разгерметизации теплообменных контуров в соединениях труб с трубными решетками, и, следовательно, надежность теплообменного оборудования можно обеспечить, повышая функциональные параметры такого соединения.

Вообще же, при кажущейся простоте конструкции соединения, равно как и самого теплообменного оборудования, удивляют высокие показатели надежности, к ним предъявляемые. Например, при использовании 1000 теплообменных труб в конденсаторе главного турбозубчатого агрегата и равновероятных свойствах показателей надежности соединений труб с трубными решетками вероятность безотказной эксплуатации каждого соединения должна составлять не менее $p(t) = 2000\sqrt{0,95} = 0,999975!$ (Для справки: корень 2000-й степени определяется наличием у каждой из 1000 труб двух концов, каждым из которых труба крепится в трубной решетке.)

В ряде случаев применение современных способов крепления труб к трубным решеткам либо не обеспечивает требуемого качества, либо, при использовании комбинированных соединений, изготовленных с необоснованным и неверно подготовленным технологическим резервированием, существенно усложняет технологию и, как следствие, увеличивает трудоемкость и себестоимость изготовления теплообменного оборудования.

Данные эксплуатации свидетельствуют, что затраты, связанные с ремонтом энергетического оборудования в результате недостаточно высокого качества крепления труб в 10–15 раз превышают стоимость самих теплообменников, не считая других материальных потерь, а также не говоря о невозможности выполнения судном или кораблем

заданных функций или боевого задания.

Отмеченное обуславливает проблемы, от решения которых зависит не только назначение оптимальных параметров технологического процесса изготовления соединения при максимальной экономии энергетических, материальных и трудовых ресурсов, но и обеспечение требуемой наработки оборудования на отказ в случае его восстановления.

Современная теория надежности, хотя и богата различными методами оценки показателей надежности, однако не дает достоверного метода расчета надежности теплообменного оборудования. Обусловлено это тем, что расчеты в основном базируются на предположении появления только внезапных отказов. Отсутствие анализа процесса формирования отказа соединения как потенциального (при проектировании), так и фактического (при эксплуатации) – один из главных недостатков применяемых методов оценки и расчета надежности теплообменного энергетического оборудования. Изучить физику отказа, а, следовательно, и создать модель отказа соединения трубы с трубной решеткой можно на основе континуального подхода к физико-механическим процессам, приводящим к изменению функциональных параметров соединения. Результат такого исследования позволит отойти от альтернативного признака «годен–негоден» и перейти к управлению качеством изготовления теплообменника.

Как уже было установлено, отказом теплообменного оборудования с учетом неконтактного теплообмена двух жидких теплоносителей следует считать событие, связанное с нарушением герметичности между полостями с теплообменивающимися средами. Нарушение герметичности является следствием различных физических процессов, протекающих в теплообменнике в период его эксплуатации. Отмеченные процессы протекают под воздействием физико-механических свойств контактирующих поверхностей, остаточных напряжений после изготовления соединения, технологических в нем зазоров, переменного температурного поля теплообменивающих сред, вибраций, обусловленных нестационарностью потока, пульсацией давления теплоносителя, работой винта и многочисленных судовых механизмов, а также эрозии и коррозии.

В результате анализа основных физических процессов, как правило, возникающих при изготовлении подавляющего количества разнообразных изделий и протекающих в период эксплуатации, установлено, что физика процесса его отказа обусловлена накоплением повреждений, приводящих к постепенному виду отказов.

Необходимо отметить, что от выбора того или иного типа отказов зависит конкретный закон распределения изменения функциональных свойств рассматриваемого изделия, а, следовательно, адекватность статистической модели отказов изделия в целом или какой-либо его части. Пиковые же нагрузки следует учитывать не при определении закона распределения случайных величин, обуславливающих надежность изделия, а при закладывании проектного, технически обеспечиваемого и эксплуатационно реализуемого запаса надежности.

Изучение схемы формирования отказа соединения трубы с трубной решеткой в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации теплообменного оборудования и разработка физической модели отказа на основе континуального подхода к процессам, приводящим к изменению качественных показателей изделия, позволит наметить наиболее правильный путь обеспечения его надежности. Следует путем использования дополнительных, т. е. резервных, технологических приемов добиться изменения закона распределения функционального показателя во времени так, чтобы в пределах обеспечиваемого или обеспечиваемых параметров вероятность отказа стремилась к нулю.

Важной составляющей таких приемов является снабжение изделий машиностроения, их комплексов и элементов электронными блоками измерения, контроля, диагностики (и, в ряде случаев, адаптации), в том числе выполненными на основе бортовых [3] процессоров и микроконтроллеров.

Вывод. Изложенный новый принцип обеспечения надежности при минимальном значении стоимостной целевой функции может быть весьма успешно реализован на всех этапах жизненного цикла высокоответственных изделий судового машиностроения при использовании как широко зарекомендовавших себя известных технологий, так и при разработке новых, в том числе гибридных технологий, включая аддитивные и цифровые.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Термины и определения. АО «Кодекс», 2022, 57 с.
2. Черненко В.И. Научно-техническое обоснование и разработка принципа технологического резервирования соединений труб с трубными решетками судового теплообменного оборудования. – Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения (судостроение, судоремонт). – Л., ЛКИ. 1989, 331 с.
3. Васильев А.Е. Встраиваемые системы автоматики и вычислительной техники. Микроконтроллеры. – М.: «Горячая линия-Телеком», 2018 г., 590 с. ■

В процессе работы по замкнутому циклу теплового двигателя морских подводных объектов (МПО) образуются продукты реакции горения топлива, которые необходимо отводить за пределы МПО. Для утилизации отходящих газов предлагается применить высокоэффективный двухступенчатый эжекторный абсорбер (сатуратор) с целью растворения их в забортной воде. Углекислый газ предварительно охлаждается с отделением влаги. Для возможности маневрирования временем сброса применяется накопительная аккумулялирующая емкость временного содержания углекислого газа и последующего периодического сброса через эжектор.

Сатуратор предназначен для непрерывного насыщения воды углекислым газом, которое проводится в три этапа: на первом этапе технологического процесса происходит максимальное насыщение CO_2 на струйной насадке сатуратора, далее обогащение этим газом происходит в системе полусфер и тарелок и на заключительной стадии углекислый газ, подаваемый через нижнюю часть сатурационной колонны, проходит через всю толщу воды, насыщая ее в третий раз.

Эжектор при этом выполняет функцию первичного перемешивания углекислого газа и воды. Забортная вода поступает в центральное конфузторное сопло, а двуокись углерода – соответственно в концентрическое периферийное сопло. Далее образовавшаяся двухфазная смесь идет в камеру смешения, где происходит выравнивание поля скоростей движущегося потока.

Положим, что после эжектора в сатураторе возникнет пузырьковый режим течения газовой смеси. Рассмотрим процесс массодиффузии газа через границу раздела фаз. Допустим, что концентрация газа диффундирующего в газовой фазе n_{2r} превышает значение концентрации его насыщения в жидкой фазе $n_{1r}^{\text{нас}}$ при заданных температуре и давлении на границе жидкости $n_{1r}^{\text{гр}} = n_{1r}^{\text{нас}}$. Если при этом концентрация газа диффундирующего в жидкой фазе на некотором расстоянии от пузырька n_{1r}^{∞} меньше величины $n_{1r}^{\text{нас}}$ то газ будет диффундировать только из пузырька в жидкость. При этом поток газа j_r в единицу времени через поверхность пузырька можно определить по выражению

$$j_r = 4\pi R^2 \beta_{1r} (n_{1r}^{\text{нас}} - n_{1r}^{\infty}),$$

где R – радиус газового пузырька; β_{1r} – коэффициент массодиффузии, определяемый по параметрам жидкой фазы по формуле

$$\beta_{1r} = \frac{Sh_{1r} D_{1r}}{2R},$$

где D_{1r} – коэффициент диффузии газа; Sh_{1r} – число Шервуда газа, диффундирующего в жидкой фазе.

Многие исследователи полагают, что при расчете массопереноса можно вводить аналогию с теплопереносом, и тогда

$$Sh_{1r} = 2 + 0,46 Re_1^{0,55} Sc_{1r}^{0,33} \quad (1 \leq Re_1 \leq 7 \cdot 10^4; 0,6 < Sc_{1r} < 400); \quad (1)$$

$$Sh_{1r} = 2 + \frac{C_x}{16} Re_1 Sc_{1r}^{0,33}; \quad (2)$$

$$Sh_{1r} = 1,3 Sc_{1r}^{0,15} + 0,66 Re_1^{0,5} Sc_{1r}^{0,31}, \quad (3)$$

где Sc_{1r} – критерий Шмидта, равный $\nu_1/D_{1r} = \mu_1/(\rho_1 D_{1r})$; C_x – коэффициент сопротивления сферы, приблизительно равный 0,5.

В процессе турбулентного всплытия газового сферического пузырька в воде с учетом фактора обновления поверхности вблизи границы раздела в условиях взаимодействия фаз критерий Шервуда определится так

$$Sh_{1r} = \sqrt{\frac{C_x We_1 Re_1 Sc_{1r}}{2}},$$

где We_1 – критерий Вебера по жидкой фазе, равный

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЖЕКТОРНОГО САТУРАТОРА ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

А.Н. Дядик, д-р техн. наук, проф., зав кафедрой,

Н.П. Малых, канд. техн. наук, доцент,

К.В. Долгий, аспирант,

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, контакт. тел. +7(911) 922 03 66

$$We_1 = \frac{2R\rho_1(\bar{w}_{2r} - \bar{w}_1^{\infty})|\bar{w}_{2r} - \bar{w}_1^{\infty}|}{\sigma_1},$$

где σ_1 – коэффициент поверхностного натяжения воды.

Значение критерия Шмидта для газов O_2 , N_2 , CO_2 , H_2 в воде при температуре в диапазоне 10 – 50 °С и давлении 0,1 – 0,2 МПа лежит в пределах от 100 до 1000. Так, для углекислого газа при температуре 25 °С величина $Sc_{1r} = 472$, а для азота при температуре 10 °С значение $Sc_{1r} = 1012$ и при температуре 50 °С величина $Sc_{1r} = 158$. На рис. 1 представлены зависимости чисел Шервуда от критериев Рейнольдса и Шмидта, рассчитанные по формулам (1) – (3).

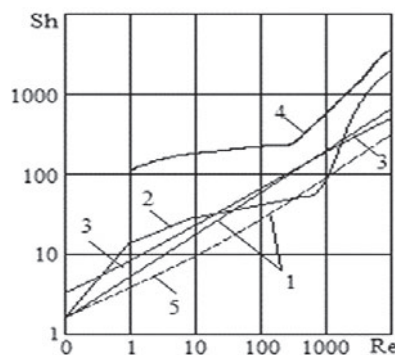


Рис. 1. Зависимость числа Шервуда от Рейнольдса и Шмидта: 1 – данные С.Л. Лоу; 2 – данные С.С. Кутателадзе; 3 – данные Я. Витте; 4 – данные В.В. Кафарова; 1–4 – опыты при $Sc = 1000$; 5 – опыты при $Sc = 100$

Связь между концентрацией диффундирующего газа в газовой фазе на границе пузырька $n_{2r}^{\text{гр}}$ и $n_{1r}^{\text{нас}}$ при $n_{2r}^{\text{гр}} n_{1r}^{\text{нас}}$ обычно выражают через константу равновесия Ψ_{1r} , т.е. $n_{1r}^{\text{нас}} = \Psi_{1r} n_{2r}^{\text{гр}}$, а зависимость $n_{1r}^{\text{нас}}$ представляют в виде $n_{1r}^{\text{нас}} = f(p_2, T_{\text{ж}}^{\text{гр}})$.

Для случая турбулентного режима всплытия с учетом фактора обновления поверхности вблизи пузырька коэффициент массодиффузии определится

$$\beta_{1r} = \sqrt{\frac{D_{1r} C_x \rho_1 (w_{2r} - w_1^{\infty})^3}{2\sigma_1 g}}.$$

Масса газа диффундирующего в пузырьке

$$m_{2r} = n_{2r}^{\text{гр}} \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Текущий радиус пузырька можно определить с учетом изменения массы газа в нем по производной концентрации на поверхности пузырька в соответствии с первым законом Фика:

$$j = -D(p, T) \left(\frac{\partial C}{\partial r} \right)_{r=R},$$

где j – предельный поток массы газа через единицу поверхности; $D(p, T)$ – коэффициент молекулярной диффузии; $(\partial C / \partial r)_{r=R}$ – производная концентрации по нормали к поверхности на внешней границе пузырька.

Рассмотрение процесса конвективной диффузии как изотермического может быть оправдано преобладающим влиянием на процесс массы жидкой фазы по сравнению с массой газа в единичном пузырьке. В этом случае изменение радиуса газового пузырька определится по уравнению

$$\frac{\partial R}{\partial \tau} = \frac{D}{\rho_r} \left(\frac{\partial C}{\partial r} \right)_{r=R} + \frac{R}{3\rho_r} \frac{\partial \rho_r}{\partial \tau}.$$

Если рассматривать процесс диффузии как стационарный и допустить, что производные концентрации вдоль поверхности сферы малы по сравнению с производными по радиусу, то уравнение конвективной диффузии может быть упрощено:

$$W_r = \frac{\partial C}{\partial r} + \frac{W_\Theta}{r} \frac{\partial C}{\partial \Theta} = D \frac{\partial^2 C}{\partial r^2}. \quad (4)$$

Примем граничные условия уравнения (4): при $r=R$ $C=C_0$; при $r \rightarrow \infty$ $C=C_\infty$ и, кроме того, концентрацию в точке натекания потока на сферу постоянной, т.е. при $r=R$ и $\Theta=0$, $C=C_\infty$.

Введя безразмерные значения скоростей, координат и концентраций, уравнение (4), приведем к безразмерному виду

$$\bar{W}_r = \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{r}} + \frac{\bar{W}_\Theta}{r} \frac{\partial \bar{C}}{\partial \Theta} = \frac{2}{\text{Re}} \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial \bar{r}^2},$$

где $\text{Re} = \frac{2RW_\infty}{D}$ – критерий Пекле; $\bar{C} = C/C_\infty$, $\bar{W} = W/W_\infty$, $\bar{r} = r/R$ – безмерные значения концентрации, скорости и координаты.

Положим, что величина критерия $\text{Re} > 10^3$, т.е. конвективный перенос существенно превосходит перенос вещества молекулярной диффузией, что обеспечивает изменение концентрации в тонком пограничном слое жидкости.

Рассмотрим решение уравнения конвективной диффузии (4) с граничными условиями методом размерного анализа. Полученное в результате решения значение концентраций для вязкого режима обтекания газового пузырька ($\text{Re} \ll 1$) позволило определить зависимость потока массы газа из пузырька:

$$\frac{dm_r}{d\tau} = 4\sqrt{\pi(C-C_\infty)} \sqrt{\frac{2}{3} W_\infty D R^3}, \quad (5)$$

где W_∞ – относительная скорость газа в жидкости при $r \rightarrow \infty$ (скорость всплытия пузырька в неподвижной жидкости).

Для умеренных значений критерия Re выражение для потока массы отличается только числовым коэффициентом, который отражает соотношение скоростей на поверхности пузырька:

$$\frac{dm_r}{d\tau} = 8\sqrt{\pi(C-C_\infty)} \sqrt{\frac{2}{3} W_\infty D R^3}. \quad (6)$$

Формулы (5) и (6), описывающие массообменные процессы газового пузырька и окружающей его жидкости, содержат относительную скорость пузырька и жидкости W_∞ . Для ее определения рассмотрим процесс всплытия единичного газового пузырька в жидкой среде.

Для установившегося движения газового пузырька скорость всплытия его под действием архимедовой силы рассчитаем по формуле [1]

$$W_\infty = \frac{1}{3} \frac{gR^2}{V_{\text{ж}}}. \quad (7)$$

Записав уравнение баланса сил, действующих на стационарно всплывающий пузырек,

$$\pi R^2 C_\mu \frac{\rho_{\text{ж}} W_\infty^2}{2} = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}) g,$$

получим зависимость для коэффициента сопротивления

$$C_\mu = \frac{16}{\text{Re}}.$$

Наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ) в жидкости приводит к существенным расхождениям между величинами скорости всплытия газового пузырька и коэффициента сопротивления, рассчитанного по формуле (7), и этими же величинами, определенными экспериментально. Для газовых пузырьков, всплывающих в жидкостях в присутствии ПАВ, значения скорости всплытия и коэффициента сопротивления могут рассчитываться по формулам, полученным для случая обтекания твердой сферы:

$$W_\infty = \frac{2}{9} \frac{\rho_{\text{ж}} g R^2}{\mu_{\text{ж}}}; \quad C_\mu = \frac{24}{\text{Re}}.$$

Зависимости для определения скоростей всплытия газовых пузырьков в широком диапазоне чисел Re приведены в [1]. Изучение движения газовых пузырьков проводилось в жидкости при наличии ПАВ. В этом случае формулы для скорости всплытия газовых пузырьков в пренебрежении плотностью газа по сравнению с плотностью жидкости имеют вид

$$W_\infty = \frac{2R^2 g}{9V_{\text{ж}}} \quad \text{при } \text{Re} \leq 2;$$

$$W_\infty = 0,33 \frac{g^{0,76} R^{0,128}}{V_{\text{ж}}^{0,52}} \quad \text{при } 2 < \text{Re} \leq 4,02 G_{\text{ж}}^{-0,24};$$

$$W_\infty = 1,35 \left(\frac{\sigma}{\rho_{\text{ж}} R} \right)^{0,5} \quad \text{при } 4,02 G_{\text{ж}}^{-0,214} < \text{Re} \leq 4,02 G_{\text{ж}}^{-0,214};$$

$$W_\infty = 1,35 \left(\frac{\sigma}{\rho_{\text{ж}} R} \right)^{0,25} \quad \text{при } 2,35 G_{\text{ж}}^{-0,25} < \text{Re} < 3,3 G_{\text{ж}}^{-0,25};$$

$$W_\infty = 1,18 (gR)^{0,5} \quad \text{при } \text{Re} > 3,3 G_{\text{ж}}^{-0,25},$$

$$\text{где } G_{\text{ж}} = \frac{g v_{\text{ж}}^4 \rho_{\text{ж}}}{\sigma^3}.$$

Скорость движения газовых пузырьков неправильной формы, всплытие которых происходит по сложной винтообразной траектории и сопровождается пульсациями формы, приближенно определяется по формуле Франк-Каменецкого:

$$W_\infty = K \sqrt[4]{\frac{\sigma g (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}})}{\rho_{\text{ж}}^2}}, \quad (8)$$

где $K = 1,4 \div 1,8$ – эмпирический множитель.

Зависимость (8) применима для газовых пузырьков, лежащих в области, ограниченной снизу значением критерия Вебера $\text{We} = \rho_{\text{ж}} W_{\text{ж}}^2 2R/\sigma = 3,5$ и сверху величиной $R = 0,8 \div 1,0$ см. Приведенные выше формулы справедливы для определения скоростей всплытия газовых пузырьков в неподвижной жидкости в условиях установившегося движения. Реальная картина всплытия газового пузырька в потоке жидкости будет отличаться от рассмотренной и может быть получена путем решения системы уравнений, описывающих поведение газового пузырька численным методом.

В объеме сатуратора реализуется двухфазная смесь, которая по своей структуре может быть классифицирована как газовая эмульсия. Основными характеристиками такой эмульсии являются газосодержание, дисперсный состав (распределение пузырьков газовой фазы по размерам и объемам) и химический состав газовой фазы.

Структура и характер распределения фаз в газовой эмульсии оказывают существенное влияние на особенности протекания процессов взаимодействия между фазами. Особенности структуры двухфазного потока влияют на такие его характеристики как гидродинамические потери давления, потери энергии из-за механического взаимодействия фаз. Кроме того, распространения возмущений в двухфазном потоке также определяются его структурой.

Очевидно, что степень дисперсности газовой фазы в объеме сатуратора высока, что связано с гидродинамикой потока. Для двухкомпонентных потоков на практике при их исследовании обычно используют описание функции распределения дисперсных включений в соответствии с нормально-логарифмическим законом [2]:

$$f(R) = \frac{\log \log R - \log \log R_0}{\sqrt{2\pi R \log \log \sigma}} \exp \left[- \left(\frac{\log \log R \log \log R_0}{\sqrt{2 \log \log \sigma}} \right)^2 \right],$$

где параметры R_0 и $\log \sigma$ – соответственно математическое ожидание радиусов дисперсных включений и среднее квадратичное отклонение логарифмов их радиусов.

В настоящее время известно довольно незначительное число публикаций по исследованию функции распределения размеров газовых или паровых пузырьков в жидкости. Так, в работе [3] представлены результаты экспериментальных (фотографическим методом) и теоретических исследований

распределения по размерам газовых пузырьков в кавитирующем турбулентном потоке, создаваемым вращающимся винтом. В процессе проведения исследований было установлено, что общий характер функции распределения сохраняется неизменным, хотя абсолютное содержание пузырьков и их размеры изменялись в зависимости от условий эксперимента. С достаточной вероятностью (равной по результатам экспериментов 0,99) было показано, что распределение размеров газовых пузырьков совпадает с нормально-логарифмическим законом распределения.

Эквивалентный радиус пузырька в газовой эмульсии может быть определен с учетом нормально-логарифмического закона распределения по выражению

$$R_{\text{э}} = \sqrt{R_{\text{min}} R_{\text{max}}}, \quad (9)$$

где R_{min} и R_{max} – минимальный и максимальный радиусы пузырьков в эмульсии.

Максимальный радиус газового пузырька, как показали расчеты численным методом, достигается приблизительно через 0,1 секунды после начала роста в объеме сатуратора:

$$R_{\text{max}} = \sqrt{\frac{9}{g} \frac{w_{\infty}}{\rho_{\text{ж}}}}. \quad (10)$$

Как показали результаты численных расчетов скоростей всплытия парогазовых пузырьков в морской воде, величины скоростей всплытия с высокой точностью можно определять по формуле Франк-Каменецкого (8) с эмпирическим множителем, равным 1,4. Учитывая это обстоятельство, запишем уравнение (10) в виде

$$R_{\text{max}} = 3,55 \sqrt{\frac{v_{\text{ж}}}{g} \left(\frac{g\sigma}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,25}}. \quad (11)$$

Формула (11) позволяет рассчитывать максимальный радиус парогазового пузырька, всплывающего в стационарных условиях в морской воде, находящейся в объеме абсорбера.

Описание движения фаз в этом случае выполняется с использованием величин, осредненных по некоторому элементарному объему, содержащему достаточно большое число дисперсных включений, но малому по сравнению с характерным для рассматриваемого осредненного течения линейным размером, т. е. масштабом, на котором осредненные величины существенно изменяются. Для описания обычно используется так называемая ячейочная модель [4]. При использовании этой модели предполагается, что вся рассматриваемая дисперсная система может быть разбита на ряд одинаковых ячеек (рис. 2). Обычно форма ячейки принимается сферической с находящимся в центре пузырьком. Размер ячейки определяется по концентрации пузырьков.

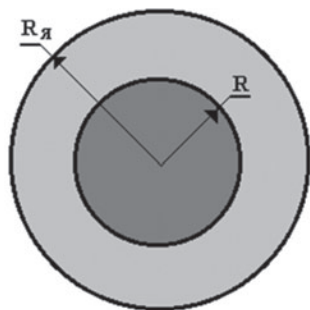


Рис. 2. Модель ячейки

Предположим, что все пузырьки в растворе имеют одинаковый радиус $R_{\text{э}}$ и являются сферическими. Использование ячейочной модели позволяет свести задачу описания гидродинамического взаимодействия пузырьков к решению уравнения Навье–Стокса в области, ограниченной двумя concentрическими сферами. Граничные условия на поверхности имеют обычный вид. Для полной формулировки задачи необходимо также задать два граничных условия на внешней

поверхности ячейки. Обычно в качестве одного из недостающих граничных условий формулируется условие обращения в нуль нормальной составляющей скорости жидкости на границе ячейки. Это условие означает, что возмущение, вносимое в поток пузырьком, локализовано в пределах ячейки. Второе граничное условие не столь очевидно как первое и разными авторами задается различным образом, однако при этом наибольшее распространение получили две модели. В модели Д. Хаппеля [5] используется условие обращения в нуль касательного напряжения на внешней границе ячейки, то есть в этом случае внешняя граница ячейки выполняет роль «свободной поверхности». В модели С. Кувабары [6] принимается условие обращения в нуль завихренности на внешней границе.

Рассмотрим движение в сферической ячейке при малых величинах критерия Re , а также в предположении о несжимаемости жидкости. Движение пузырька осуществляется в сферической системе координат (r, Θ, Φ) , центр которой совпадает с центром пузырька, а направление полярной оси – с направлением скорости жидкости на бесконечности. Поскольку движение рассматривается при малых числах Рейнольдса, то инерционные члены в уравнениях Навье–Стокса будут незначительны по сравнению с вязкими членами и движение пузырька можно описать уравнением

$$D_c^4 \psi = D_c^4 D_c^4 \psi = 0, \quad (12)$$

где D_c – оператор Стокса.

Рассмотрим ячейку (см. рис. 2) радиуса $R_{\text{я}}$, внутри которой расположен пузырек радиуса R . Допустим, что в единице объема V в среднем находится N пузырьков. Обозначим через ε объемную концентрацию жидкости. Тогда

$$1 - \varepsilon = \frac{4}{3} \pi R^3 N.$$

Так как объем ячейки равен $(4/3) \pi R_{\text{я}}^3$, в каждой ячейке на жидкость приходится объем $(4/3) \pi (R_{\text{я}}^3 - R^3)$, а в единице объема V заключен объем жидкости $(4/3) \pi (R_{\text{я}}^3 - R^3) N = \varepsilon$. Отсюда $(R_{\text{я}}^3 - R^3)(1 - \varepsilon)/R^3 = \varepsilon$ и $R_{\text{я}} = R(1 - \varepsilon)^{-1/3}$. (13)

Поскольку в присутствии ПАВ коэффициенты сопротивления пузырьков мало отличаются от таковых для твердых сфер, условия на поверхности пузырька будут

$$w_r|_{r=R} = w_{\theta}|_{r=R} = 0. \quad (14)$$

Сформулируем граничные условия на границе ячейки. Поскольку в неподвижной системе координат на внешней границе ячейки обращается в нуль радиальная составляющая скорости, то в подвижной системе координат, связанной с пузырьком, на внешней границе ячейки должно выполняться условие

$$w_r|_{r=R_{\text{я}}} = w_r \cos \theta \cos \theta. \quad (15)$$

В качестве второго граничного условия на внешней границе пузырька примем условие обращения в нуль касательного напряжения $\tau_{r\theta}$, т. е. условие, сформулированное Д. Хаппелем [5]. В подвижной системе координат, связанной с пузырьком, это условие примет вид

$$\tau_{r\theta} = \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_r}{\partial \theta} + \frac{\partial w_{\theta}}{\partial r} - \frac{w_{\theta}}{r} \right) \Big|_{r=R_{\text{я}}} = 0. \quad (16)$$

Задача о безвихревом движении жидкости в ячейке может быть решена аналогично задаче о безвихревом обтекании сферы. При помощи соотношения $\vec{w} = \nabla \Phi$ введем в рассмотрение потенциал скоростей Φ , который определяется из уравнения Лапласа. Будем искать потенциал в виде

$$\Phi = P(r) \cos \theta \cos \theta. \quad (17)$$

В сферической системе координат уравнение Лапласа запишется

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \sin \theta \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \right) = 0. \quad (18)$$

Подставив (17) в (18), получим для функции $P(r)$ обыкновенное дифференциальное уравнение

$$\frac{d}{dr} \left(r \frac{dP}{dr} \right) - 2P = 0,$$

общее решение которого имеет вид

$$P(r) = \frac{C_1 r + C_2}{r^2},$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные, которые должны определяться из граничных условий (14), (15).

Условие (14) дает

$$C_1 - 2 \left(\frac{C_2}{R^3} \right) = 0. \quad (19)$$

Введем в рассмотрение понятие объемной концентрации газа ϕ (объемное газосодержание), и тогда

$$R_{\text{я}} = R \phi^{\frac{1}{3}}. \quad (20)$$

С учетом (20) из (15) получим

$$C_1 - \left(\frac{2C_2 \phi}{R^3} \right) = w_r. \quad (21)$$

Решая совместно (19) и (21), будем иметь

$$C_1 = \frac{w_r R^3}{(1-\phi)}; \quad C_2 = \frac{w_r R^3}{2(1-\phi)}.$$

Таким образом, выражение для потенциала скоростей Φ запишется так:

$$\Phi = w_r \left(r + \frac{R^3}{2r^2} \right) \frac{\cos \theta}{(1-\phi)}. \quad (22)$$

Из выражения (22) получаются зависимости для определения составляющих скорости w_r и w_θ :

$$w_r = w_r \left(1 - \frac{R^3}{r^3} \right) \frac{\cos \theta}{(1-\phi)}; \quad (23)$$

$$w_\theta = -w_r \left(1 + \frac{R^3}{2r^3} \right) \frac{\sin \theta}{(1-\phi)}. \quad (24)$$

При движении вязкой жидкости работа сил, приложенных к массе жидкости в ячейке, лишь частично расходуется на изменение кинетической энергии этой массы. Часть работы будет переходить в теплоту, т.е. наличие вязкости приводит к диссипации энергии. Определим интенсивность диссипации энергии в единице объема жидкости [7]:

$$E_d = 2\mu \sum_{i,k} \varepsilon_{ik} \varepsilon_{ki}, \quad (25)$$

где $\sum_{ik}$ – составляющие тензора скоростей деформаций.

Для сферически симметричной системы координат формула (25) примет вид

$$E_d = 2\mu(e_{rr}^2 + e_{\theta\theta}^2 + e_{\phi\phi}^2 + 2e_{r\theta}^2). \quad (26)$$

Составляющие тензора скоростей деформаций в осесимметричном случае можно определить по выражениям

$$e_{rr} = \frac{\partial w_r}{\partial r}; e_{\theta\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial w_\theta}{\partial \theta} + \frac{w_r}{r}; e_{\phi\phi} = \frac{(w_r + w_\theta \theta)}{r};$$

$$e_{r\theta} = \frac{1}{2} \left[r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{w_\theta}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial w_r}{\partial \theta} \right]. \quad (27)$$

Подставляя в формулу (27) выражения для составляющих скорости по формулам (23), (24), и далее подставляя полученные таким образом выражения в зависимость (26). Определим интенсивность диссипации энергии в единице объема [8]:

$$E_d = \frac{9\mu w_r^2}{(1-\phi)^2} \frac{R^6}{r^8} (1+2\theta). \quad (28)$$

Интегрирование (28) по объему ячейки дает

$$2\pi \iint_{R_0}^R E_d r^2 \sin \theta dr d\theta = 12\pi \mu w_r \frac{1-\phi^{\frac{5}{3}}}{(1-\phi)^2}.$$

Следовательно, сила сопротивления F , действующая на газовый пузырек, будет определяться зависимостью

$$F = 12\pi \mu R w_r \frac{1-\phi^{\frac{5}{3}}}{(1-\phi)^2}. \quad (29)$$

При стационарном режиме всплытия газового пузырька сила сопротивления уравновешивается выталкивающей силой, т.е.

$$12\pi \mu R w_r \frac{1-\phi^{\frac{5}{3}}}{(1-\phi)^2} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{\text{ж}} g,$$

$$w_r = \frac{g R^2 (1-\phi)^2}{9 V_{\text{ж}} \frac{1-\phi^{\frac{5}{3}}}{1-\phi^{\frac{5}{3}}}}. \quad (30)$$

откуда

С учетом (30) выражение для скорости всплытия газовых пузырьков в эмульсии примет вид

$$w_r = w_\infty \frac{(1-\phi)^2}{1-\phi^{\frac{5}{3}}}. \quad (31)$$

На рис. 3 представлены результаты расчетов w_r в функции ϕ при $w_\infty = 0,2$ м/с.

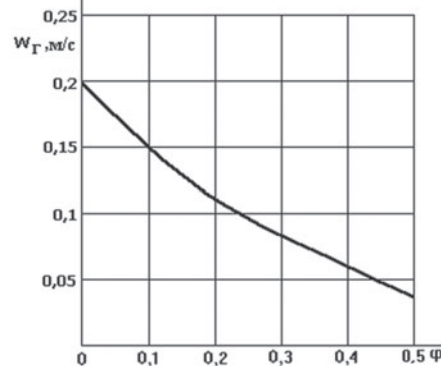


Рис. 3. Зависимость скорости всплытия пузырьков в эмульсии от объемного газосодержания

Как видно из графика, скорость всплытия газовых пузырьков довольно сильно зависит от объемного газосодержания, с ростом которого скорость всплытия пузырьков уменьшается.

Непосредственно воспользоваться формулой (31) для расчета скорости всплытия газовых пузырьков в воде абсорбера не удастся, поскольку в формулу для истинного объемного газосодержания входит скорость w_r :

$$\phi = \frac{(1-x) \rho_{\text{гп}} w_r}{1 + \frac{x \rho_{\text{ж}} w_r}{\rho_{\text{ж}} w_{\text{ж}}}}, \quad (32)$$

где x – массовое расходное газосодержание.

Однако подобный расчет может быть выполнен методом последовательных приближений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в статье математическая модель массообмена всплывающих газовых пузырьков позволяет рассчитать объем сатуратора (скруббера), необходимый для полного растворения углекислого газа в морской воде перед ее удалением за борт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дядик А.Н., Замуков В.В., Дядик В.А. Корабельные воздухонезависимые энергетические установки. – СПб.: Судостроение. 2006. – 424 с.
2. Колмогоров А.Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении // Докл. АН СССР. – 1941. – Т.31. – №2. – С. 99 – 101.
3. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы). – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.
4. Протодьяконов И.О., Чеснокова Ю.Г. Гидромеханические основы процессов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 360 с.
5. Happel J. Viscous Flow in Multiparticle Systems: Slow Motion of Fluids Relative to Beds of Spherical Particles // AIChEJ. – 1958. – Vol. 4. – № 2. – P. 197 – 201.
6. Kuwabara S. The forces experienced by randomly distributed parallel circular cylinders or spheres in viscous flow at small Reynolds numbers // J. Phys. Soc. Japan. – 1959. – Vol. 14. – № 4. – P. 527 – 532.
7. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – М.: Мир, 1973. – 757 с.
8. Marrucci G. Rising Velocity of a Swarm of Spherical Bubbles. // Ind. Eng. Chem. Fundam. – 1965. – Vol. 4. – № 2. – P. 224 – 225. ■

Настоящая работа посвящена оценке длительной прочности сплавов на никелевой основе при наличии коррозионных повреждений материала. Для такой оценки используются закономерности, полученные в работе [7]. В этой работе показано, что прочность сплава является арифметической суммой прочности отдельных металлов, составляющих сплав.

Прочность металла в сплаве есть произведение единичной прочности металла, отнесенной к одному грамму, на количество этого металла в 100 г сплава. Единичная прочность каждого металла при заданной температуре одинакова для всех сплавов на основе никеля в диапазоне температур 700 – 900 °С.

Для оценки влияния коррозии на длительную прочность сплавов необходимо определить изменение удельной прочности отдельных металлов при коррозии. Рассматриваются следующие металлы: Ni, Cr, Co, Mo, W, Ti, Al, Fe, Nb.

В процессе эксплуатации в газотурбинные двигатели (ГТД) поступает воздух, содержащий аэрозоли различных солей, в том числе содержащих серу. Наличие устройств, фильтрующих воздух, не исключает попадания этих аэрозолей в проточную часть турбин. Это приводит к коррозионному повреждению элементов проточной части двигателя. В результате ухудшаются эксплуатационные показатели ГТД, падает экономичность и снижается его ресурс.

Испытания по оценке влияния высокотемпературной солевой коррозии на длительную прочность жаропрочных сплавов проводятся очень редко. Поэтому и материалов, позволяющих распространить их результаты на другие сплавы, мало.

В настоящей работе использованы результаты испытаний сплавов на основе никеля ЖС6К при температурах 800 и 850 °С [1] и ЭИ893 [2, 3] при температуре 750 °С.

Испытания сплава ЖС6К проводились в солевых обматках, сплава ЭИ893 – в потоке воздуха, содержащем аэрозоли солей. В обоих случаях использовались соли NaCl и Na₂SO₄. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Испытания сплава ЭИ893 проводились при солевой нагрузке $S_n = 2,0 \text{ г/м}^2\text{ч}$, соответствующей наибольшей из измеренных в проточной части газотурбинных двигателей.

Солевая нагрузка определяет количество солей, оседающих на поверхности детали, на единицу площади за единицу времени.

В работе [7] было введено понятие «скорость расходования ресурса» $V_p = \sigma_{дл}/\tau$ как отношение предела длительной прочности (ПДПр) σ ко времени τ и рассматривалась относительная

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ СУЛЬФИДНО-ОКСИДНОЙ КОРРОЗИИ БЕЗ ИСПЫТАНИЙ

А.З. Багерман, канд. техн. наук, руководитель секции «Судовые энергетические установки» РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
С.А. Заводов, канд. техн. наук, гл. инженер опытного завода ПАО «ОДК-Сатурн»,
А.А. Живушкин, инженер АО «ОДК-Климов»,
И.П. Леонова, инженер, РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. (812) 710 4011

Таблица 1
Результаты специальных испытаний на воздухе и в коррозионных условиях сплавов на основе никеля

Характеристика	Сплав					
	ЭИ893	ЭИ893	ЖС6К	ЖС6К	ЖС6К	ЖС6К
T, °С	750	750	800	800	850	850
Условия испытаний	На воздухе	В коррозионной среде	На воздухе	В коррозионной среде	На воздухе	В коррозионной среде
σ_{100} , МПа	360	309	600	470	460	225
σ_{200} , МПа	333	280	528	400	400	300

величина этой «скорости» изменения ресурса W при τ по отношению к аналогичной скорости при ресурсе 100 часов:

$$W = \sigma_{\tau} \cdot 100 / \sigma_{100} \cdot \tau_{\tau}.$$

В табл. 2 приведены значения относительной скорости расходования ресурса W в указанном выше понимании для рассматриваемых испытаний.

Как следует из табл. 2, рассмотренные сплавы при одинаковых длительностях работы на воздухе и в агрессивной среде имеют близкие значения относительной скорости расходования ресурса. То есть, характер влияния продолжительности работы на предел длительной прочности не зависит от рассматриваемых условий.

Для сравнения в табл. 3 приведены те же коэффициенты, что и в табл. 2, но полученные на основании значительно большей статистики при работе сплавов на основе никеля на воздухе.

Сравнение приведенных данных в таблицах 2 и 3 показывает, что коррозионное повреждение сплавов не изменило связи длительной прочности материала при различной продолжительности их работы.

Значение параметра W не зависит от вида сплава. Приведенная информация позволяет с помощью параметра W оценивать значение ПДПр любого жаропрочного сплава на основе никеля при знании одной из величин: σ_{100} , σ_{200} , σ_{500} .

Таблица 2

Изменение скорости расходования ресурса в зависимости от температуры и продолжительности работы

Характеристика	Сплав					
	ЭИ893	ЭИ893	ЖС6К	ЖС6К	ЖС6К	ЖС6К
T, °С	750	750	800	800	850	850
Условия испытаний	На воздухе	В корроз. среда	На воздухе	В корроз. среда	На воздухе	В корроз. среда
W_{200}	0,46	0,45	0,44	0,425	0,43	0,42
W_{500}	-	-	0,15	0,13	0,145	0,155
W_{1000}	-	-	0,07	0,065	0,065	0,051

Таблица 3

Относительная скорость изменения расходования ресурса W

T, °С	Время τ , ч				
	100	200	500	1000	2000
700	1,0	0,47	0,160	0,075	-
750	1,0	0,465	0,158	0,073	0,036
800	1,0	0,46	0,155	0,070	0,033
850	1,0	-	0,142	0,066	0,027
900	1,0	0,45	0,130	0,054	0,022

σ_{1000} , σ_{2000} этого сплава, работающего как на воздухе, так и при наличии солей, например, в морской воде, в газовом потоке. Так, $\sigma_{500} = \sigma_{100} \cdot 500 \cdot W_{500} / 100$, МПа.

Индивидуальность сплава определяется значением его σ_{100} .

Как показано в работе [7], характеристики сплавов могут быть представлены в виде суммы произведений единичных значений прочности каждого металла, входящего в сплав, отнесенного к единице массы на весовую долю этого металла в сплаве. То есть индивидуальность металла в сплаве определяется его удельным параметром. В таком случае появляется возможность построения модуля из «удельных значений несущей способности металлов, отнесенной к одному грамму».

В работе [7] показано, что для каждой температуры модули для всех сплавов одинаковы. Индивидуальность сплава проявляется через его химический состав.

Общность в характеристиках ПДПр сплавов, показанная выше, позволяет предположить общность и в формировании σ_{100} при наличии коррозионных повреждений на основании общего модуля удельных несущих способностей сплавов, измененных в результате коррозии.

Условием для формирования такого модуля являются опытные данные при трех температурах 750, 800, 850 °С, приведенные выше. Иными словами, можно полагать, что единичная прочность металлов в сплаве при коррозии изменится во всех сплавах на основе никеля аналогично ее изменению в сплавах, прошедших коррозионные испытания, и изменению ПДПр при испытаниях в коррозионной среде.

Модуль для оценки σ_{100} при коррозионном повреждении составлен применительно к условиям работы жаропрочных сплавов в проточной части деталей и узлов газотурбинного двигателя.

Для сравнения в таблицах 4 и 5 приведены модули оценки единичной прочности металлов при работе на воздухе [7] и в коррозионных условиях в течение 100 часов.

Пример оценки σ_{100} с использованием табл. 5 при работе в коррозионных условиях приведен ниже в табл. 6.

Сумма несущих способностей металлов составляет предел длительной прочности сплава. В данном случае $\sigma_{100 \text{ кор}} = 347$ МПа.

Разница в σ_{100} между испытаниями на воздухе и в коррозионной среде при солевой нагрузке $S_n = 2,0$ г/м²ч составила 98 МПа.

Для оценки снижения ПДПр за 500 часов работы используются данные табл. 3. Параметр W для 500 часов работы при температуре 800 °С

Таблица 4
Модуль единичной прочности металлов $\sigma_{100 \text{ ау}}$ (МПа/г) для расчета предела длительной прочности сплава при работе на воздухе

T, °C	Ni	Cr	Co	Mo	W	Ti	Al	Fe	Nb
700	1,05	1,05	10,5	30,0	18,0	30,0	27,0	30,0	48,0
750	0,82	0,82	10,5	23,4	14,0	23,4	21,0	23,4	37,0
800	0,45	0,45	10,5	15,0	9,0	15,0	11,0	15,0	26,0
850	0,31	0,31	7,0	11,6	7,4	11,6	8,5	11,6	17,0
900	0,21	0,21	7,0	8,0	5,0	8,0	5,0	8,0	8,4

Таблица 5
Модуль единичной прочности металлов $\sigma_{100 \text{ ку}}$ (МПа/г) для расчета предела длительной прочности сплава при работе в коррозионной среде

T, °C	Ni	Cr	Co	Mo	W	Ti	Al	Fe	Nb
700	0,84	0,84	8,4	24,0	14,4	24,0	21,6	24	38,4
750	0,64	0,64	8,2	18,2	10,9	18,2	16,4	18,2	28,8
800	0,35	0,35	8,2	11,7	7,0	11,7	8,6	11,7	20,0
850	0,24	0,24	5,4	8,9	5,7	8,9	6,5	8,9	13,0
900	0,15	9,15	5,4	6,0	3,7	6,0	3,7	6,0	6,3

Таблица 6
Пример оценки предела длительной прочности сплава ЭИ929 за 100 часов при работе в коррозионных условиях. Температура – 800 °С

Характеристика	Ni	Cr	Co	Mo	W	Ti	Al	Fe	Nb
Количество металла в 100 г сплава, г, g_i	54,3	10,5	14,0	5,0	5,5	1,7	4,0	5,0	-
Единичная прочность металлов, МПа/г, $\sigma_{100 \text{ ку}}$	0,35	0,35	8,2	11,7	7,0	11,7	8,6	11,7	20,0
Несущая способность отдельных металлов, МПа, $\sigma_{100 \text{ ки}} = \sigma_{100 \text{ ку}} \cdot g_i$	19,0	3,7	114,8	58,5	38,5	19,9	34,4	58,5	-

составляет 0,155. Следовательно, $\sigma_{500} = 0,155 \cdot \sigma_{100} \cdot 500 / 100 = 269$ МПа.

Использование для прогнозирования ПДПр результатов коррозионных испытаний в солевых обмазках может дать заниженный результат, ввиду того, что по технологии проведения испытаний в солевых обмазках ограничивается или предотвращается поступление кислорода к поверхности материала. При эксплуатации материал омывается постоянно газовым потоком, поступление солевых аэрозолей постоянно обновляется. Снижение поступления кислорода даже за счет солевых отложений снижает скорость коррозионного процесса [4, 6], например, как это следует из зависимости потерь массы сплавов в функции солевой нагрузки [5].

Опытные данные и приведенные оценки показали значительное снижение длительной прочности сплавов в результате коррозионных повреждений. Это подчеркивает необходимость использования защитных покрытий на деталях проточной части газотурбинных двигателей, работающих в коррозионно-опасных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнение результатов испытаний жаропрочных сплавов на основе никеля на воздухе и в коррозионной среде показало, что связь предела длительной прочности (ПДПр) с продолжительностью работы одинаковы в обоих условиях.

2. Сформирован модуль удельных несущих способностей металлов при работе в составе жаропрочных сплавов,

позволяющий оценивать ПДПр сплавов при работе в условиях сульфидно-оксидной коррозии, имеющей место в проточной части морских ГТД.

3. Для обеспечения длительной работы ГТД в коррозионно-опасных условиях необходимо использовать защитные покрытия на деталях проточной части турбин.

4. Предложенный модульный подход к оценке коррозионной прочности сплавов на основе никеля может быть использован для сравнения коррозионной прочности различных сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин. – Л.: Машиностроение, ЛО. – 1987. – 272 с.
2. Багерман А.З., Буталов Г.Л., Белов А.С., Гринберг А.М., Ющенков Е.Е. Методика и результаты исследования сопротивления разрушению сплава ЭИ893 (ХН-65ВМТЮ) в условиях постоянно обновляющейся агрессивной среды // Сб. «Обеспечение коррозионной надежности лопаток газовых турбин». – Судостроение. – 1989. – Вып. 473. – С. 20–28.
3. Багерман А.З. Коррозионные испытания жаропрочных сплавов для газовых турбин. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2014. – 133 с.
4. Багерман А.З., Молчанов А.С., Писарев Б.К., Гусарин О.Г. Особенности коррозионного повреждения жаропрочных сплавов // Газотурбинные технологии. – 2012. – №1. – С. 18–20.
5. Багерман А.З., Леонова Л., Хорошев В.Г. Экспресс-оценка коррозионной стойкости жаропрочных сплавов // Газотурбинные технологии. – 2012. – №4. – С. 42–43. ■

В настоящее время вооруженные силы развитых стран вступили в эпоху массового внедрения в военное дело научно-технических достижений, обеспечивающих создание принципиально новых высокоэффективных средств борьбы, таких как информационно-управляющие системы, разведывательно-ударные комплексы большой дальности, боевые машины-роботы и другие.

Эволюция большинства подобных средств осуществляется в двух основных направлениях перспективных разработок:

- глубокая модернизация существующих образцов военной техники;
- разработка перспективных комплексов нового поколения.

Эффективность оружия нового поколения – это, прежде всего, дальность полета на несколько тысяч километров от рубежей пуска, использование для маршрутной навигации особенностей земных контрастов, внедрение новых принципов наведения и навигации, где точность не зависит от дальности, снижение радиолокационной заметности до тысячных долей квадратного метра, огибание рельефа местности, оснащение ракет средствами противодействия ПВО ПРО и для некоторых моделей увеличение скорости полета вплоть до гиперзвука.

Разработка и эффективное использование подобных сложных систем, оснащенных информационными каналами, невозможно без апробирования и отработки основных решений на этапах проектирования и испытаний. Наиболее мощным средством системных исследований и лабораторных испытаний, позволяющим резко сократить объем натурных испытаний и значительно сэкономить материальные ресурсы, время научных работ, отладки и внедрения, является полунатурное моделирование [1].

Особая актуальность полунатурного моделирования связана с резким усложнением проведения полноценных натурных испытаний разрабатываемых систем, а иногда просто с невозможностью их проведения, т.е. с невозможностью полноценной отработки алгоритмов функционирования и комплексной оценки эффективности системы.

Важнейшие свойства полунатурного моделирования – значительное сокращение, а в некоторых случаях, полная замена трудоемких, ресурсоемких, дорогостоящих натурных испытаний и возможность индивидуального и группового тренинга широкого класса специалистов для выработки навыков поведения и принятия решений при использовании комплексов. Моделирование позволяет выявить не только алгоритмические ошибки, но и отказы аппаратуры и конструктивные дефекты, которые

могли послужить причиной нештатной ситуации.

Современный моделирующий комплекс представляет собой организованную на основе международных стандартов систему методов, методик, алгоритмов, программ, технических решений и инструкций. Идея комплекса полунатурного моделирования материализуется в виде симбиоза реальных фрагментов объектной системы и комплекса имитационных моделей, включающего модели фрагментов объектной системы и модели активной внешней среды [2].

Накопленный опыт показал, что отработка комплексов бортового управления (БАСУ) систем специального назначения требует организации многоаспектного моделирования различными методами, дополняющими и учитывающими результаты друг друга. При этом накапливать и использовать опыт предыдущих разработок следует не только на этапе синтеза отдельных подсистем в форме реализации и развития удачных схемных и конструкторских решений, но и на этапе комплексной отработки, в виде типовых сценариев отработки и имитации аварийных ситуаций, характерных для данного вида изделий [3].

В этих условиях все большую актуальность приобретает реализация концепции «электронного полигона» (ЭП), т.е. технологическо-информационное обеспечение в лабораторных условиях воспроизведения с большой степенью адекватности динамики действий на море оперативного и оперативно-тактических уровней и, таким образом, определения эффективности применения комплексов. Существующий в АО «Концерн «Гранит-Электрон» стенд полунатурного моделирования позволяет определять частные характеристики эффективности для одной крылатой ракеты (КР).

Концепция ЭП заключается в создании единого информационного пространства, обеспечивающего модели-

рование боевых действий различного содержания с имитацией:

- одиночных объектов с изменяющимися спектрами отраженных сигналов;
- оперативно-тактических группировок, действующих в походных порядках и боевых построениях;
- системы разведки и целеуказания;
- существующих и перспективных типов активных и пассивных помех;
- системы ЗУР и континентальной ПВО.

Такой подход позволяет:

- проводить имитационное моделирование физических и информационных процессов, присущих вооруженной борьбе на море;
- выполнить расчет численных показателей эффективности действий сил противоборствующих сторон;
- графически отображать ход развития моделируемых процессов в 3D-формате.

Структура ЭП включает технические и программные компоненты, которые разрабатываются на базе единой идеологии полноценного моделирующего комплекса (рис. 1).

Ядром электронного полигона является комплекс полунатурного моделирования (КПМ) (рис. 2). Оборудование КПМ обеспечивает решение ряда задач, в том числе:

- проверку работоспособности аппаратуры, т.е. соответствие функционирования бортовой ЭВМ и информационных каналов БАСУ;
- оценку технических решений, разработку предложений и проведение исследований в области характеристик КПМ, программного обеспечения бортовой ЭВМ;
- комплексную отработку БАСУ при решении, например, навигационно-пилотажных задач или задач боевого применения;
- отработку БАСУ при выполнении задач в условиях помех;
- анализ и воспроизведение результатов натурных испытаний;

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.Н. Попадьян, канд. техн. наук, начальник НИЛ,

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

заслуженный деятель науки РФ, гл. специалист по НИОКР,

В.В. Морозов, директор НИК,

В.В. Каманин, канд. техн. наук, гл. специалист НИЛ,

АО «Концерн «Гранит-Электрон»,

контакт. тел. (812) 445 0829

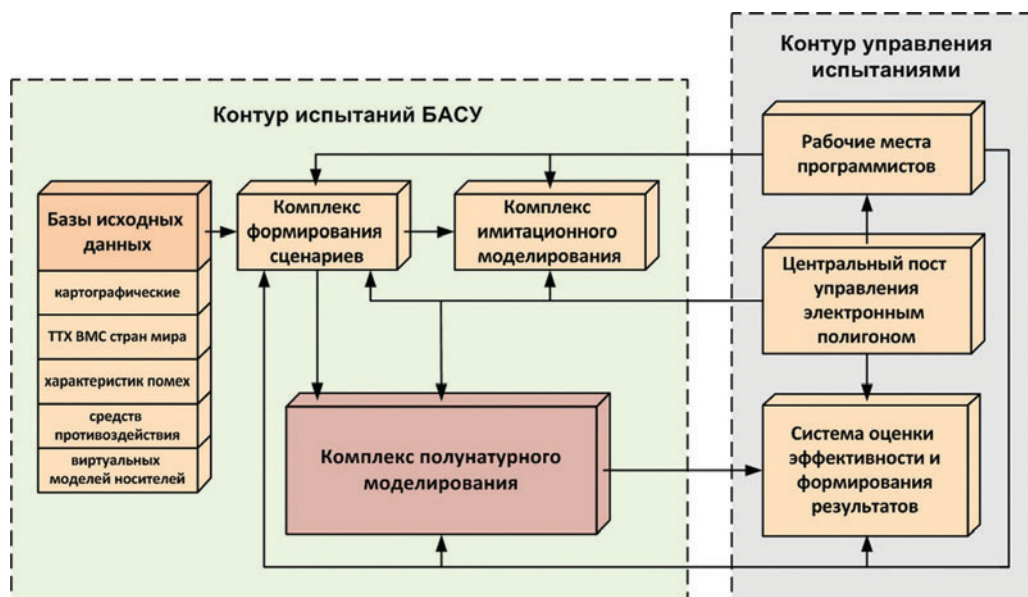


Рис. 1. Структурная схема «электронного полигона»

– оценку эффективности комплекса применительно к задачам боевого применения в реальном масштабе времени, таких как: вероятность обнаружения и сопровождения целей в условиях помех, точность определения координат целей и помех в режимах обзора и сопровождения, точность попадания в цель и источник помехи.

В состав КИМ входят следующие основные системы:

- безэховая камера, в которой устанавливается радиоэлектронная аппаратура системы обнаружения из состава БАСУ на трехступенном динамическом стенде и имитатор угловых движения объектов наблюдения;
- многоканальный универсальный имитационный комплекс;

- система математических моделей объекта управления и носителя;
- центральный пульта управления.

Динамический стенд механически воспроизводит угловые движения образца.

Безэховая камера, в которой применены поглощающие материалы, обеспечивает работу со всеми видами сигналов многоканального имитационного комплекса. Излучатели, установленные на имитаторе угловых движений целей, соединены волноводными и электрическими трактами с многоканальным универсальным имитационным комплексом.

Испытания БАСУ на КИМ проводятся при условиях, оговариваемых в заранее разрабатываемых и согласованных программе и методике. Испытания носят статистический характер. Объем

выборок определяют, исходя из принятых в методике доверительных вероятностей и требуемой точности точечных и интервальных оценок характеристик системы. Методика испытаний заключается в оценке вероятности правильного обнаружения цели, оценке математических ожиданий и дисперсии погрешностей измерения углов визирования и дальности цели, оценке распределения нормированного отношения сигнал/шум при воздействии помехи. Оцениваются также вероятности правильной селекции помех на различных участках траектории, вероятность срыва сопровождения цели при воздействии различных видов помех.

В процессе испытаний БАСУ оценивается математическое ожидание и дисперсия промаха, а также вероятность

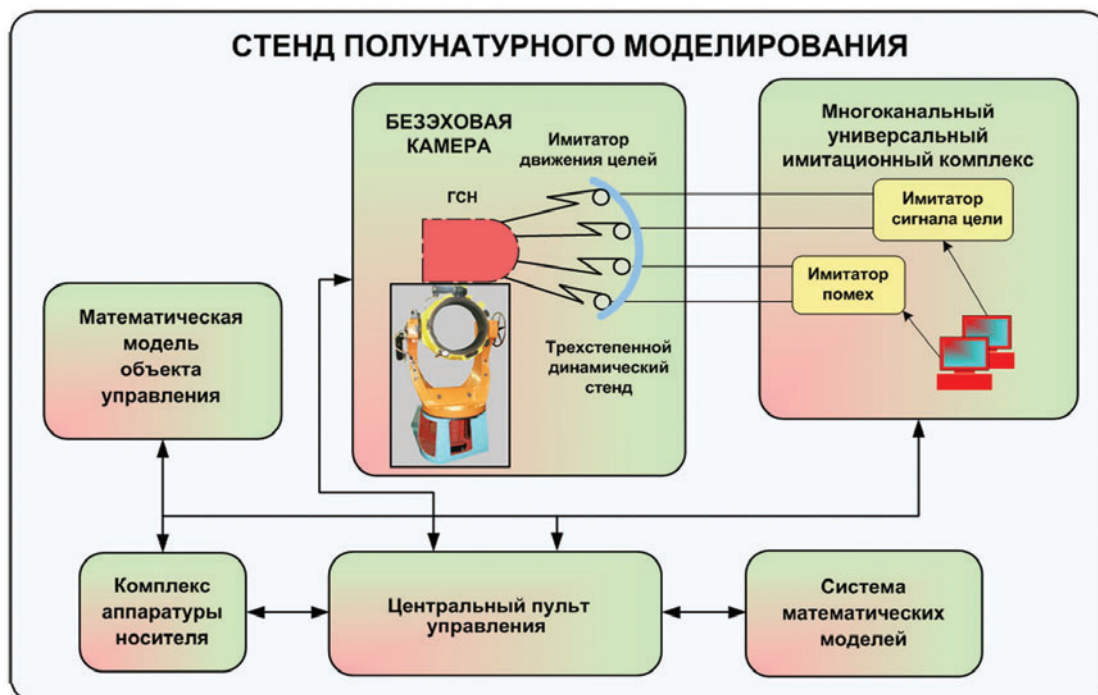


Рис. 2. Структура стенда полунатурного моделирования



Рис. 3. Комплекс формирования сценариев

попадания в цель по результатам моделирования самонаведения на конечном участке траектории. Испытания проводятся вначале для случая самонаведения на одиночную цель, а затем в условиях радиоэлектронного противодействия, создаваемого противником. Имитация источников излучения цели и помехи осуществляется как с одного, так и с разных направлений. В ходе этих испытаний на КПМ проводится оценка согласия результатов динамических испытаний на помехозащищенность и результатов математического статистического моделирования.

Результаты испытаний БАСУ исследуемого образца на КПМ непосредственно используются и являются одним из основных исходных данных для оценки эффективности системы.

Проведение испытаний на КПМ повышает полноту знаний о характери-

ках разрабатываемых БАСУ. Его основная роль – проверка и подтверждение исходных данных, моделей и результатов предшествующего математического моделирования с необходимой заказчику полнотой. Дополнение методологии полунатурного моделирования в процессе проектирования перспективных БАСУ возможностями воспроизведения условий театра военных действий (ТВД) и максимального оснащения комплекса системами сбора и обработки данных для принятия решений о работоспособности изделий позволили создать высокотехнологичный инструмент исследования эффективности применения изделий – ЭП. Информационно-технологическая среда ЭП обеспечивает взаимодействие аппаратуры БАСУ и носителя с моделью внешней среды в реальном масштабе времени под управлением интеллектуальной системы управления.

Основными системными компонентами интеллектуальной системы управления ЭП являются комплекс формирования сценариев (рис. 3) и система оценки эффективности и формирования результатов (рис. 4).

Принцип работы ЭП основан на моделировании различных ситуаций боевых действий с различным уровнем детализации в соответствии с поставленной задачей. По сути, электронный полигон – это виртуальный конструктор, внутри которого разыгрывается сценарий боевых действий. Объектно-ориентированный подход позволяет задавать в широких пределах и с разной степенью детализации параметры среды, свойства технических объектов и т.д. Единое информационное поле ЭП позволяет проводить следующие виды испытаний:

- автономные;



Рис. 4. Система оценки эффективности и формирования результатов

- комплексные;
- групповые.

На этапе *автономных* испытаний моделируется работа приборов корабельных (КАСУ), бортовых (БАСУ) и информационных систем. Отрабатываются различные режимы функционирования систем на соответствие техническим требованиям имитируемых входных данных.

Исходными данными, загружаемыми из баз данных (БД), являются:

- географический район действий;
- сценарий поведения целей (состав и местоположение надводных объектов их курс и скорость маневрирования, координаты наземных объектов);
- данные корабельного навигационного комплекса (КНК) (курс и скорость, широта и долгота, навигационная обстановка, местная гидрология, время, метеосостояние в районе корабля);
- гидрометеосостояние в районе мониторинга (гидрологические параметры моря, атмосферные параметры, радиолокационная наблюдаемость).

На основе этих данных с использованием имеющихся моделей проводится имитационное моделирование движения корабля-носителя и целей, моделирование работы информационных систем, реализуется интерактивный интерфейс оператора для управления моделями различных режимов и параметрами работы приборов.

Результатом автономных испытаний являются:

- исследование и верификация алгоритмов и управляющих программ;
- оценка качества работы приборов аппаратуры;
- отработка принципов решения оперативно-тактической задачи;
- отработка взаимодействия и оценка взаимовлияния БАСУ и КАСУ.

Результаты автономных испытаний передаются в систему комплексной отработки и сохраняются в базе знаний, после чего формируются рекомендации по доработке отдельных подсистем исследуемого комплекса, а также данные для формирования последующих сценариев электронного пуска.

На этапе *комплексных испытаний* моделируется совместное функционирование корабельных, бортовых и информационных систем во взаимодействии со смежными системами. Отрабатываются замкнутые технологические циклы работы систем с имитацией внешней информационной (тактической) обстановки и среды функционирования. Исследуется оценка эффективности работы систем по заданным критериям с учетом противодействия противника.

Дополнительно к автономному моделированию из БД используются следующие исходные данные:

- районы разведки с использованием цифровых географических, топографических и проблемно ориентированных моделей местности;
- гидрометеорологические данные в исследуемом районе;
- данные о системах разведки;
- данные о целях (типы объектов, технические особенности, радиолокационные и радиационные параметры, сценарий поведения объектов).

По исходным данным подготавливается сценарий тактической обстановки в районе мониторинга:

- географический с взаимным расположением систем и объектов наблюдения;
- состав систем участвующих в работе;
- режимы маневрирования образца и наблюдаемых объектов;
- сценарии развития тактической ситуации.

Для упрощения верификации и валидации полученных результатов тактическую ситуацию целесообразно отображать на географической карте района мониторинга.

Результатом комплексных испытаний является:

- испытания и верификация алгоритмов и программ совместного функционирования систем управления;
- исследование эффективности систем в условиях нестационарности внешней среды;
- оценка эффективности и устойчивости логико-временных диаграмм и протоколов взаимодействия;
- исследование алгоритмов резервирования и мажорирования, а также отработки аварийных ситуаций.

На групповом уровне моделируется совместное функционирование корабельных соединений и групповое использование оружия в имитируемой среде боевых действий. Исследуется комплексная оценка эффективности боевого применения оружия.

На этапе *групповых испытаний* реализуется предельно насыщенная информационно-технологическая среда электронного полигона, обеспечивающая решение игровых задач в предполагаемом районе боевых действий, позволяющая воспроизводить различные ситуации, в том числе одновременное наблюдение и сопровождение нескольких объектов.

На данном этапе решаются следующие задачи:

- исследование режимов совместного функционирования систем разведки;
- исследование оперативных приемов применения различных систем;
- оценка эффективности применения различных систем наблюдения и взаимодействия их со смежными системами.

Исходными данными для проведения групповых испытаний являются:

- цифровые географические и навигационные карты;
- гидрометеорологические БД;
- БД ТТХ систем предполагаемых объектов противника;
- базы знаний действий объектов мониторинга;
- сценарии совместного поведения участников процесса мониторинга.

В результате групповых испытаний возможны:

- исследование эффективности совместных действий участников боевых действий;
- техническая экспертиза вновь разработанных комплексов и систем наблюдения и контроля за морской и наземной поверхностью;
- проведение виртуальных учений по отработке взаимодействия спасательных служб, а также стратегических задач в условиях стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Электронный полигон» позволяет проводить разнообразные проверки работы корабельного радиоэлектронного оборудования в различных условиях. На настоящий момент в АО «Концерн «Гранит-Электрон» создан реальный научно-технический задел в создании комплексов, что является результатом многолетней работы в области фундаментальных и прикладных исследований, а также практического проектирования и внедрения. Проведенные исследования позволили создать необходимую теоретическую базу для выработки и внедрения рациональных технических решений при создании электронного полигона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подоплекин Ю.Ф., Юрескул А.Г., Попадьян А.Н., Каманин В.В. Современные тенденции создания средств отработки конкурентоспособной военной техники // Судостроение. – 2021. – №1(854). – С. 14–17.
2. Каманин В.В., Симановский И.В., Юрескул А.Г. Пути повышения точности полунатурного моделирования при отработке сложных систем управления и // Морской вестник. – 2015. – №4 (56). – С. 93–94.
3. Юрескул А.Г., Ямщиков Ю.А., Романова Ю.В., Попадьян А.Н., Анисимов А.В. Испытания автоматизированных систем судовождения на динамическом моделирующем комплексе // Морской вестник. – 2020. – №4 (76). – С. 1.
4. Галаев А.Г., Захаров Ю.В., Макаров В.П., Родченко В.В. Проектирование испытательных стендов для экспериментальной отработки объектов ракетно-космической техники. – М.: Издательство МАИ, 2014. – 283 с. ■

Качественное решение задач управления в интегрированной системе боевого управления (ИСБУ) надводного корабля невозможно без информационного обеспечения управленческой деятельности [1]. Для современных ИСБУ характерны такие особенности, как высокая сложность объектно-распределенной структуры и значительные информационные потоки при взаимодействии между разнотипными информационными объектами. К таким объектам можно отнести, например:

- автоматизированные системы ввода-вывода данных, таких как средства связи, комплексы технических средств и средств управления оружием, комплексы различных датчиков (сенсоров);
- интерфейсы ручного ввода параметров автоматизированных рабочих мест, входящих в состав ИСБУ;
- информационные и расчетные задачи, обеспечивающие управление процессами в ИСБУ по предназначению объекта автоматизации;
- хранилища долговременной и оперативной информации на основе баз данных;
- индивидуальные и коллективные средства отображения информации;
- элементы компьютерных сетей и другие объекты.

При управлении выполнением кораблем поставленных задач присутствует сложная система как внешних, так и внутренних коммуникационных связей. Упрощенная схема при управлении тактической группой кораблей показана на рис. 1.

Внутренние информационные коммуникации ИСБУ кораблей более сложные, чем БИУС кораблей, спроектированных до внедрения технологий комплексного подхода к управлению действиями корабля, его вооружением и техническими средствами на основе цифровых технологий. Это объясняется наличием существенно большего количества вооружений корабля, в управлении которыми в той или иной степени задействовано ИАСУ, и увеличением функций управления.

На рис. 2 показан макет элементов интегрированной системы управления кораблем на основе цифровых технологий. Упрощенная модель такой системы включает элементы: объекты управления/объекты получения информации, унифицированные пульта управления, вычислительные средства (комплексы) с элементами накопления, хранения и использования различных параметров долговременной информации в процессе управления в виде баз данных (БД), а также общекорабельная система обмена данными.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

А.Н. Зайцев, канд. воен. наук, вед. инженер-программист,
С.Н. Смелков, вед. инженер-программист,
АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. +7 (921) 420 7435

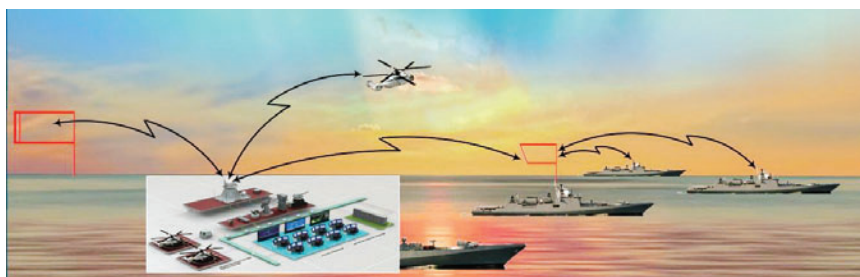


Рис. 1. Информационное взаимодействие ИАСУ корабля с внешними элементами

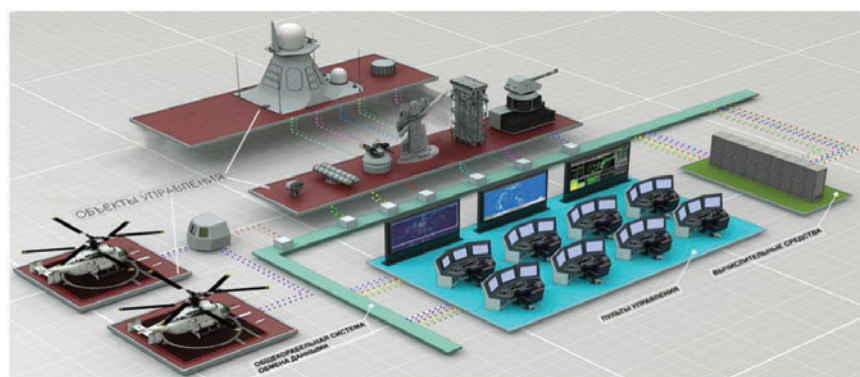


Рис. 2. Элементы ИАСУ (корабельная часть)

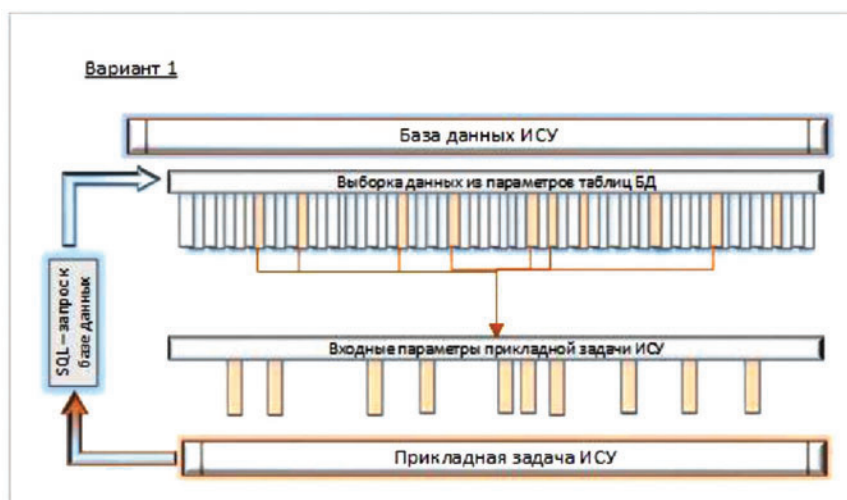


Рис. 3. Информационное взаимодействие БД ИАСУ с прикладным ПО. Вариант 1

Позадачный принцип формирования структуры программного обеспе-

чения существующих АСУ приводит к тому, что информационные связи

осуществляются всегда от выходных параметров задачи к входным параметрам сопрягаемой задачи или соответствующего пула полей с входными/выходными параметрами в таблицах базы данных (БД). Реализация данного принципа предполагает организацию единого информационного пространства ИАСУ с использованием компьютерных сетей и посредством использования сервера БД.

В связи с большим количеством сложно-структурированной информации, циркулирующей в ИСБУ, необходимы инструменты информационных коммуникаций, обеспечивающие, с одной стороны, требуемую скорость доступа к нужным данным, с другой – необходимую полноту информации. Также необходимо обеспечить доступ к данным в виде, удобном для прикладных программ.

Вычислительные процессы в ИСБУ по требуемой скорости обработки данных можно условно разделить на три уровня.

- *первый* – процессы, требующие умеренной скорости обработки данных и ограниченного числа параметров, например, решение отдельных прикладных задач. Для реализации коммуникации с указанными процессами, как правило, используется прямое обращение прикладной программы к БД SQL – запросами (рис. 3);
- *второй* – процессы, требующие средней скорости обработки и достаточно большого для их реализации числа параметров. Например, расчетные и информационные задачи, использующиеся при выработке решения. Для коммуникации с указанными процессами может быть применен метод выборки входных/выходных параметров с использованием хранимых процедур БД (рис. 4);
- *третий* – процессы, требующие максимальной скорости доступа к информации и максимальной скорости ее обработки, например, в системах отображения динамично изменяющейся обстановки и управления различными видами оружия корабля.

В этом случае для достижения максимальной производительности во время считывания/записи данных на носитель данные хранятся в виде СИ – системы оптимального управления данными с обратной связью (CLOC) – массивов на жестком диске, при этом отдельные данные на время работы системы для увеличения производительности их обработки считываются в оперативную память. В то же время необхо-

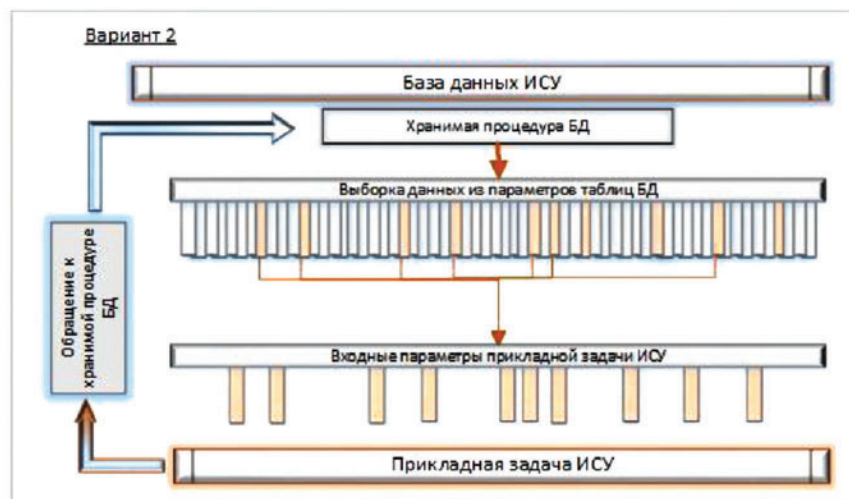


Рис. 4. Информационное взаимодействие БД ИАСУ с прикладным ПО. Вариант 2

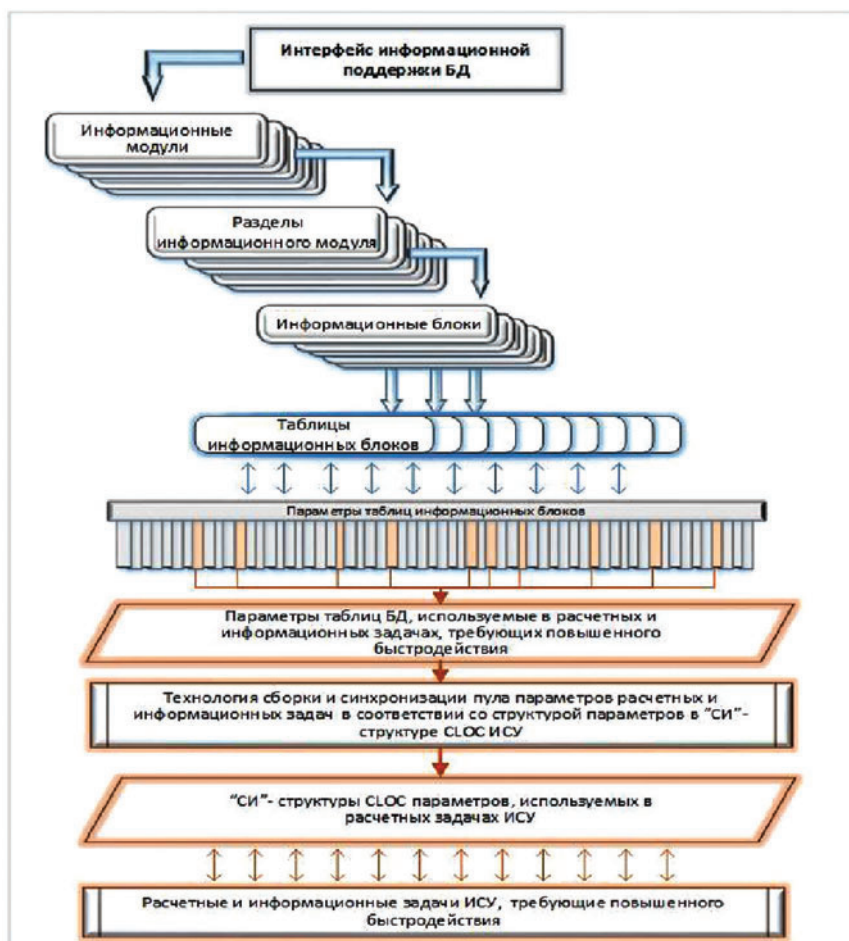


Рис. 5. Информационное взаимодействие ИАСУ с внешними элементами (устройствами, вооружение). Вариант 3

дима технология, обеспечивающая удобную актуализацию таких данных. Хранение всего указанного пула данных в таблицах БД позволяет с использованием технологии сбора данных [4] их актуализировать посредством информационной поддержки БД. При изменении каких-либо параметров в БД выполняется

синхронизация данных таблиц БД и параметров СИ – структуры CLOC массивов (рис. 5) с помощью специально разработанной технологии [5].

Указанная выше архитектура коммуникационных процессов в ИСБУ имеет существенные недостатки. Это приводит, во-первых, к дублированию программных кодов однотипных

задач, во-вторых – к значительному увеличению каналов (линий) связи, по которым передается информация, а также значительно усложняется процесс проектирования системы и увеличиваются трудозатраты на программирование. При наличии общей компьютерной сети обмена данными последнее нивелируется, но сложность и неадаптивность прикладного программного обеспечения к модернизационным действиям не устраняются. Более того, при модернизации требуется изменение всего программного кода.

В НПФ «Меридиан» развивается новая технология создания прикладного программного обеспечения, основанная на принципе свободно агрегируемых модулей (САПМ) [1–3]. Сущность данного метода состоит в следующем.

Проводится анализ управленческих задач, которые должны быть реализованы в ИСБУ на основании технического задания заказчика с декомпозицией задач на подзадачи с построением дерева задач. Далее анализируется полученное дерево задач с целью выявления процессов и подпроцессов, их поддерживающих (рис. 6).

Выполняется классификация полученного набора элементарных процессов на предмет необходимости автоматизации каждого элементарного процесса.

Затем осуществляется анализ каждого элементарного процесса с целью выявления соответствующих ему элементарных функциональных модулей. Процесс декомпозиции прекращается из-за невозможности дальнейшего деления или отсутствия необходимости деления в рамках данного элементарного алгоритмируемого процесса. Процессы группируются по функциональному принципу принадлежности задач управления к тому или иному автоматизированному месту.

Для каждого элементарного функционального модуля на основе его алгоритма разрабатывается программный код свободно агрегируемых программных модулей (САПМ). Для идентичных модулей разрабатывается унифицированный стандартный код, который включается в распределенную библиотеку САПМ и используется во всех задачах прикладного программного обеспечения (рис. 7).

Автоматизация процессов конструирования интегрированных автоматизированных систем управления на основе свободно агрегируемых программных модулей предполагает использование следующих принципов:

- стандартизации отдельных про-



Рис. 6. Схема декомпозиции процессов управления с учетом степени их автоматизации

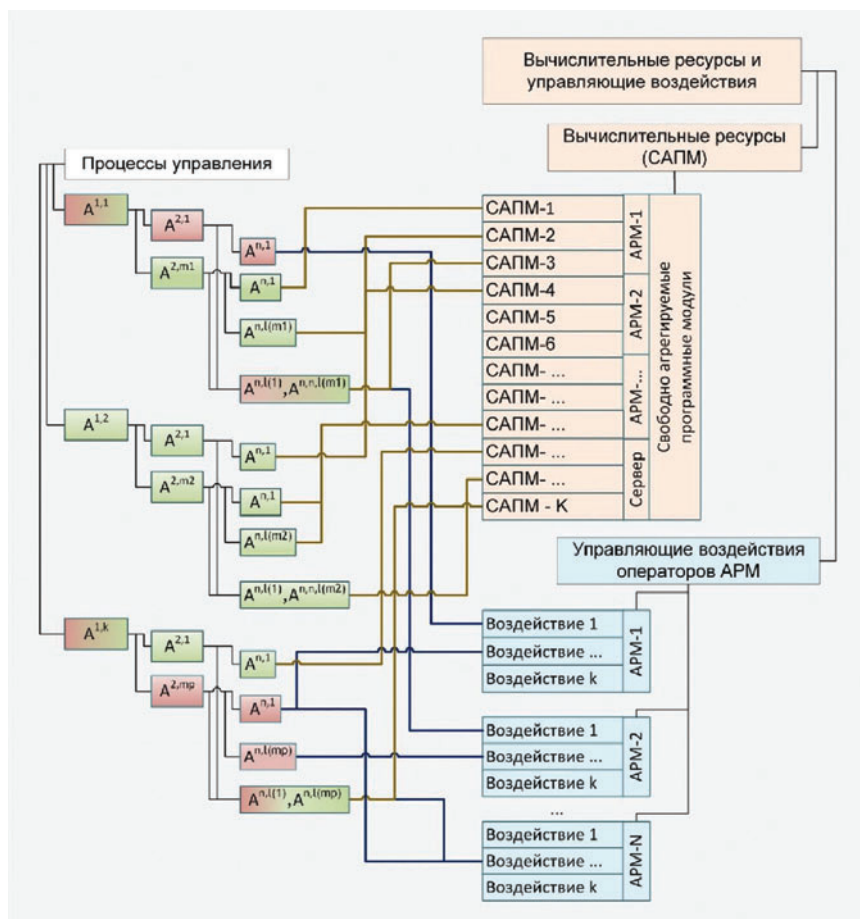


Рис. 7. Выделение процессов, подлежащих автоматизации

- граммных моделей вне зависимости от прикладной задачи;
- использования методики сетевого планирования и управления при формировании того или иного процесса управления. При этом стандартные программные модули используются как программный ресурс, реализующий элементарный процесс управления. Далее с использованием сетевого планирования конструируются более крупные процессы верхних уровней управления;
- стандартизации системных имен информационных объектов, передаваемых по линиям коммуникации, и разработка алгоритмов

прямого и обратного переименования системных имен в случае интеграции объектов автоматизации разработанных до их включения в единую систему;

- наличия библиотеки стандартных свободно-агрегируемых программных модулей.

Технология, разработанная на основе указанных принципов, позволяет значительно усовершенствовать процесс конструирования АСУ посредством разработки системных алгоритмов управления и контроля вычислительных процессов в соответствии с алгоритмом процесса управления в целом На рис. 8 приведена архитектура ИАСУ, построенной на инфор-

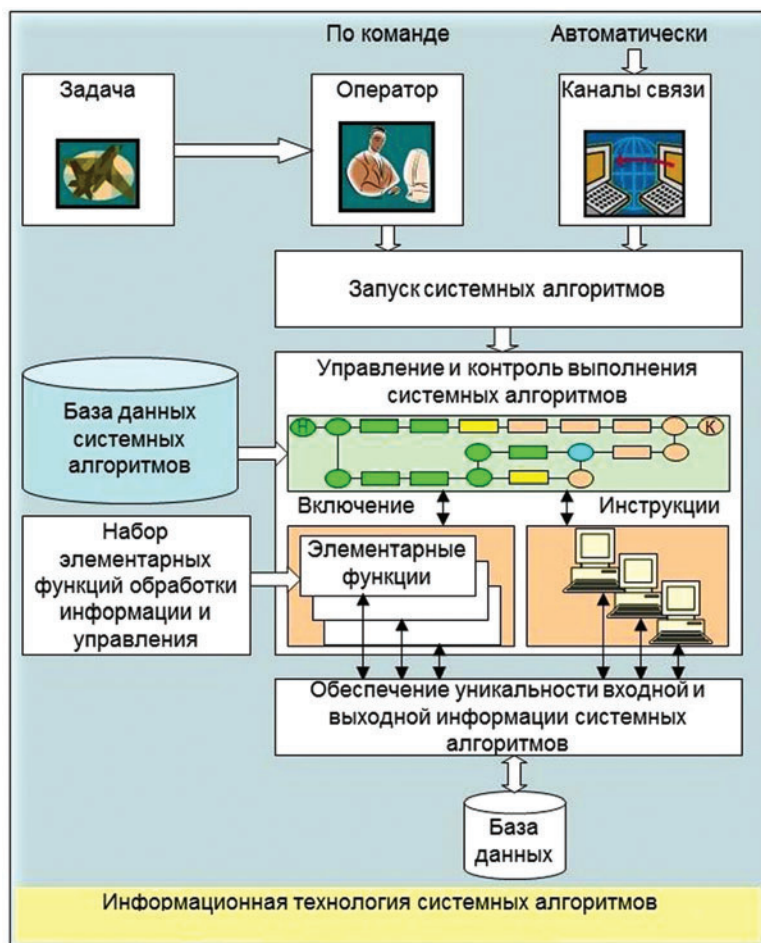


Рис. 8. Архитектура ИАСУ, построенной на информационной технологии системных алгоритмов



Рис. 9. Главная страница редактора автоматизированного конструирования ИАСУ на основе технологии системных алгоритмов

мационной технологии системных алгоритмов.

Модульность построения ИАСУ совместно с технологией «системных алгоритмов» приводит к упрощению конструирования ИАСУ.

В АО «НПФ «Меридиан» разработан специальный редактор, позволяющий автоматизировать построение системы программных средств ИАСУ (рис. 9) на основе технологии системных алгоритмов [6] и методов сетевого планирования и управления [7].

Представленная концепция архитектуры ИАСУ не содержит ссылок на отдельные комплексы и системы корабля. В этом и заключается суть процессного управления для системы комплексного управления, построенной на данной технологии.

Благодаря указанной технологии обеспечивается комплексность и единство реализации независимо как от проекта и предназначения корабля, так и от уровня управления: кораблем, тактической группой или соединением кораблей. Это дает воз-

можность выделения соответствующего программного обеспечения ИАСУ в так называемое «специальное системное программное обеспечение» (ССПО).

Будучи промежуточным слоем между операционной системой и прикладным программным обеспечением, ССПО может стать ядром любой ИАСУ, имеющим высокий модернизационный потенциал для развития и совершенствования в период всего жизненного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев А. Н. Функционально-процессный подход при моделировании структуры ИСБУ при проведении конструкторских работ // Морская радиоэлектроника. – 2020. – № 1. – С. 56–58.
2. Смелков С. Н., Зайцев А. Н. Декомпозиция процессов принятия решения ИСБУ с архитектурой на принципе свободно агрегируемых программных модулей // Морской вестник. – 2021. – № 3. – С. 28–32.
3. Зайцев А. Н. Применение современных информационных технологий при развитии программно-аппаратных комплексов интегрированной системы боевого управления (ИСБУ) надводного корабля // Морские информационно-управляющие системы (АО Концерн Моринформсистема-Агат). – 2021. – № 2. – С. 50–57.
4. Зайцев А. Н., Сабуров М. С., Сычев И. О. Описание реестров объектов в информационной модели базы данных открытого типа, создаваемой на принципе единого информационного пространства, для интегрированных систем управления (ИСУ) корабля // Морская радиоэлектроника. – 2017. – № 1. – С. 32–35.
5. Зайцев А. Н., Сабуров М. С. Синхронизация параметров таблиц БД, организованной на принципе единого информационного пространства, и параметров в «СИ»-структуре СЛОС, используемых в комплексе информационных и расчетных задач боевого управления ИСУ корабля // Морская радиоэлектроника. – 2016. – № 1. – С. 87–88.
6. Смелков С. Н. Разработка перспективных корабельных информационно-управляющих систем на основе информационной технологии системных алгоритмов. – М., Мат-лы науч.-практ. конфер. «Состояние, проблемы и перспективы создания корабельно-управляющих комплексов (АО Концерн Моринформсистема-Агат), 2021, с. 8–15.
7. Зайцев А. Н. Оптимизация времени выполнения процессов в ИСБУ с использованием сетевой модели // Морская радиоэлектроника. – 2020. – № 4. – С. 28–32. ■

Компания «Ситроникс КТ» разрабатывает большой перечень бортовых систем, таких как автономная навигационная система, интегрированная навигационная система, комплексная система управления техническими средствами, авторулевой, система координированного управления, система управления гребными электродвигателями и др. [1]. Каждая из этих систем сертифицируется и проходит соответствующие испытания на аттестованных испытательных стендах. Для проведения функциональных испытаний разрабатываемых систем требуется испытательный стенд, имитирующий все интерфейсы и протоколы, с помощью которых данная система сопрягается с бортовым оборудованием судна. Кроме того, для проверки алгоритмов работы некоторых систем в составе стенда могут потребоваться математические модели навигационных датчиков, исполнительных механизмов, а также математические модели движения судов и внешних возмущений (ветер, волна, течение). Например, для сертификации авторулевого необходимо пройти испытания на соответствие требованиям РМРС и стандартам ISO 11674:2019 и IEC 62065:2014. Данные стандарты [2–4] содержат требования к интерфейсам и протоколам сопряжения, описание математических моделей движения судов, упрощенных математических моделей рулевого гидропривода, пропульсивного комплекса, течения, волнения, моделей навигационных датчиков. Все приведенные требования должны быть реализованы на стороне стенда.

Сопряжение системы управления с бортовым оборудованием для судов различных типов может сильно отличаться, что требует доработки программно-аппаратной части стенда с последующей его сертификацией, а это, в свою очередь, несет дополнительные финансовые затраты. Для уменьшения финансовых затрат и ускорения разработки и отладки систем в компании «Ситроникс КТ» был разработан стенд, который позволяет масштабировать аппаратную часть, а также не требует корректировки программного обеспечения для изменения графического интерфейса пользователя, протоколов сопряжения. Данный стенд разработан на основе программных модулей, которые позволяют собирать требуемое программное обеспечение стенда с помощью корректировки конфигурационных файлов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА

Программное обеспечение состоит из двух основных частей: виртуальной

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ

А.С. Корнев, начальник отдела разработки систем управления судном,
А.С. Скрытка, руководитель направления а-Навигация, АО «Ситроникс-КТ»,
С.П. Хабаров, канд. техн. наук, доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова,
 контакт. тел. +7 (921) 383 1499, +7 (987) 435 1371, serg.habarov@mail.ru

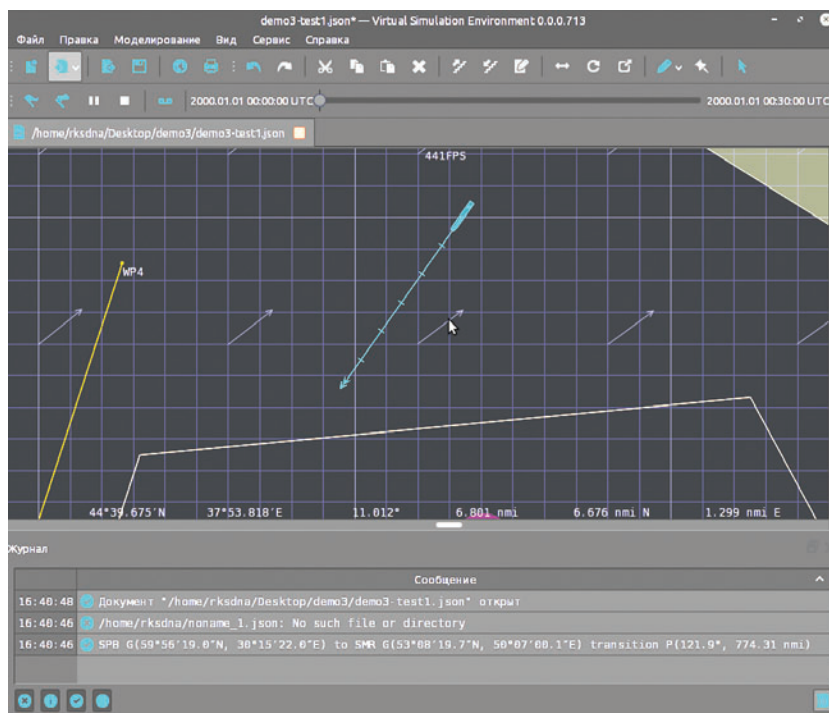


Рис. 1. Интерфейс пользователя ВСМ

среды моделирования и модульного программного обеспечения.

Виртуальная среда моделирования (ВСМ) разработана для тестирования и испытаний как автономных [5], так и конвенционных систем [6, 7] управления судами. Среда представляет собой кросс-платформенное (Windows, Linux) приложение с развитыми графическими средствами ввода. Внешний вид пользовательского интерфейса ВСМ представлен на рис. 1.

Пользователь может выбрать произвольный район на земном шаре и задать в нем (или импортировать) береговые линии, ориентиры, зоны с ограниченным движением, маршруты, гидрометеорологическую обстановку, разместить суда и прочие объекты в указанном районе. Например, гидрометеорологическая обстановка задается в виде скалярных и векторных полей ветров, течений и т. д., которые интерполируются по отдельным введенным точкам.

Моделируемые суда могут выполнять функцию имитации трафика, сохраняя установленный начальный курс и скорость хода, или следуя по заданному маршруту движения. Модели судна представляют собой динамические математические модели различного уров-

ня достоверности, по умолчанию используется модель из IEC 62065:2014 [4]. В этом случае моделируется не только динамика судна, но и работа судового оборудования – исполнительных механизмов, компасов, лагов, эхолотов, ГНСС, АИС, РЛС, САРП, оптических систем и метеостанций, огней и сигналов, прочего судового оборудования. Тестируемая внешняя система управления может сопрягаться с моделью через модульное программное обеспечение либо посредством стандартных протоколов по сети Ethernet (UDP). Таким образом, среда позволяет тестировать и разрабатывать как отдельные подсистемы (например, авторулевые), представляя модель объекта управления, так и оценивать взаимодействие нескольких автономных систем в пределах одной акватории.

В состав модульного программного обеспечения входят: конфигуратор, загрузчик, модуль пользовательского интерфейса, модули обмена данными и специализированные модули. Все модули представляют собой кросс-платформенные (Windows, Linux) приложения, которые обмениваются данными между собой через выделенную общую память либо по сети Ethernet (если работают на

разных компьютерах). Данная архитектура модульного программного обеспечения позволяет собирать программный продукт для тестирования системы на стенде, подобно сборке с использованием конструктора.

Конфигуратор предназначен для автоматического формирования конфигурационного файла для программного обеспечения стенда. Инженер вносит в базу данных используемые сигналы для сопряжения системы со стендом, выбирает тип сигнала и диапазоны его изменения, при необходимости добавляет калибровочные таблицы, определяет используемые графические элементы для каждого сигнала и их размещение на интерфейсе пользователя, а также формирует структуры данных для протоколов сопряжения между системой и стендом. На основе содержания базы данных конфигурактор формирует соответствующий конфигурационный файл стенда в формате xml. Файл конфигурации содержит настройки для запуска каждого используемого программного модуля и определяет функционал интерфейса пользователя, структуру данных протоколов сопряжения.

Загрузчик на основе параметров в конфигурационном файле стенда запускает необходимые программные модули, с заданными настройками. Внешний вид окна загрузчика представлен на рис. 2.



Рис. 2. Пример окна загрузчика

Человеко-машинный интерфейс формируется специальным программным модулем, который в соответствии с настройками конфигурационного файла автоматически формирует графическое приложение с набором необходимых элементов, которые позволяют реализовать необходимые функциональные возможности стенда. На рис. 3 и рис. 4 представлены человеко-машинный интерфейс стенда авторулевого «Румб» и часть файла конфигурации для формирования человеко-машинного интерфейса.

Модули ввода/вывода предназначены для организации обмена данных между стендом и системой с использо-

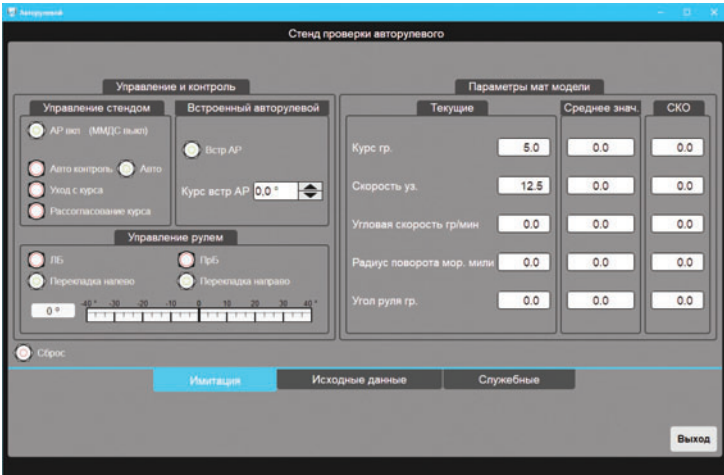


Рис. 3. Человеко-машинный интерфейс стенда авторулевого

```
<tab_widget name="AP_ra8" title="Управление" index="0">
  <grid_layout spacing="1">
    <knob mem_id="gui" name="Reset" style="hex_yellow" row="0" col="8"/>
    <knob mem_id="gui" name="Snapshot" style="hex_yellow" row="0" col="9"/>
    <knob mem_id="gui" name="Logging" style="hex_yellow" row="0" col="10"/>
    <indicator mem_id="unidaq" name="Авторулевой готов" style="green" row="0" col="11"/>
    <indicator mem_id="unidaq" name="Переключатель влево" style="green" row="0" col="12"/>
    <indicator mem_id="unidaq" name="Переключатель вправо" style="green" row="0" col="13"/>
  </grid_layout>
</tab_widget>
```

Рис. 4. Пример части файла конфигурации для формирования человеко-машинного интерфейса

ванием различных интерфейсов и протоколов передачи данных. Настройки модулей ввода/вывода, включая привязку переменных к структуре протокола обмена данными, задаются в конфигурационном файле. Пример с настройками конфигурационного файла для модуля CAN представлен на рис. 5.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА

Аппаратная часть стенда состоит из серверных компьютеров, которые установлены в один/несколько серверных шкафов и подключены к коммутатору(ам). Для обеспечения со-

```
<memory id="DiscreteShrsState"
  key_name="DiscreteShrsStateName" name_access="read" name_size="128"
  key_value="DiscreteShrsStateValue" value_access="read" value_size="4"
  size="70" />
<memory id="DiscreteShrsRequest"
  key_name="DiscreteShrsRequestName" name_access="write" name_size="128"
  key_value="DiscreteShrsRequestValue" value_access="write" value_size="4"
  size="70" />
<can driver="VxCan" port="COM18" channel="1" baudrate="125K">
  <!-- 00100110000 - 304D - 130H -->
  <msg id="304" len="2" direction="out" period="250">
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: НЕКОГЛ ПУ-МО ЛБ" offset="0" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: НЕКОГЛ ПУ-МО ПРБ" offset="1" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: НЕКОГЛ ПУ-МО ПРБ" offset="2" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: УПР с ПУ-МО ЛБ" offset="3" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: УПР с ПУ-МО ЛБ" offset="4" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: УПР с ПУ-МО ЛБ" offset="5" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: УПР с ПУ-МО ЛБ" offset="6" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: ОСП ПИТ" offset="7" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: РЕЗ ПИТ" offset="8" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: РАБОТА" offset="9" size="1" />
    <data mem_id="DiscreteShrsState" name="ВПУ_ВРС2_1: НЕИСП" offset="10" size="1" />
  </msg>
</can>
```

Рис. 5. Пример части файла конфигурации для обмена данными по сети CAN

К специализированным модулям стенда относятся модули с математическими моделями навигационных датчиков и исполнительных механизмов. Данные модули используются в случае необходимости реализации программного обеспечения стенда без сопряжения с BCM.

пряжения стенда по последовательным портам с использованием интерфейсов RS422/485, CAN и MIL с оборудованием бортовой системы в серверные компьютеры устанавливаются соответствующие платы (см. таблицу). Для сопряжения с помощью аналоговых и дискретных сигналов используются корзины расширения

Таблица

Интерфейсные платы и модули для стенда

Интерфейс	Оборудование	Производитель
RS422/485	Плата CP-118E	Муха
CAN	Плата CP-602E	Муха
MIL	Плата TA1-PE4	Элкус
AI/AO/DI/DO	Корзины расширения ET-8KP8-MTCP совместно с модулями серии I-8k/87k	ICP-DAS
AI/AO/DI/DO	Модули 750 серии	Wago

рения, в которые установлены модули ввода/вывода (см. таблицу).

На рис. 6 приведен пример подключения к стенду системы управления по траектории, состоящей из авторулевого «Румб» и ЭКНИС «Беринг». Моделирование движения судна и окружающей навигационной обстановки осуществляется на ВСМ, размещенной на отдельном сервере в серверной стойке. Данные о состоянии судна и исполнительных механизмов модели из ВСМ по протоколу UDP передаются в сервер, на котором установлено модульное программное обеспечение, которое, используя платы CP-118E, формирует необходимые для авторулевого и ЭКНИС навигационные сообщения в соответствии с IEC 61162-1:2016 [8]. Имитация аналоговых и дискретных интерфейсов рулевой машины, необходимых в части сопряжения с авторулевым, осуществляется с помощью советующих модулей серии I-8k, установленных в корзину расширения. Внешний вид стенда представлен на рис. 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный подход реализации испытательного стенда позволяет получить следующие преимущества:

1. Наличие готовых отлаженных программных модулей, настраиваемых конфигурационными файлами, позволяет создавать и корректировать программное обеспечение стенда силами инженеров без привлечения программистов, что значительно снижает стоимость и сроки разработки программного обеспечения стенда.

2. При аттестации стенда как измерительного оборудования каждый программный модуль подвергается своим испытаниям. При таком подходе в случае необходимости доработки программного обеспечения стенда, собранного из программных модулей, не требуется повторная аттестация стенда, так как сами программные модули не изменяются, а корректируются только конфигурационные файлы.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://sitronics-kt.ru/shipboard.html> (Дата обращения 10.08.2022 г.).
2. Правила по оборудованию морских судов. – Ч. V: Навигационное оборудование/Российский морской регистр судоходства. – СПб., 2022.
3. ISO 11674:2019. Ship and marine technology – Heading control systems.
4. IEC 62065:2014. Maritime navigation

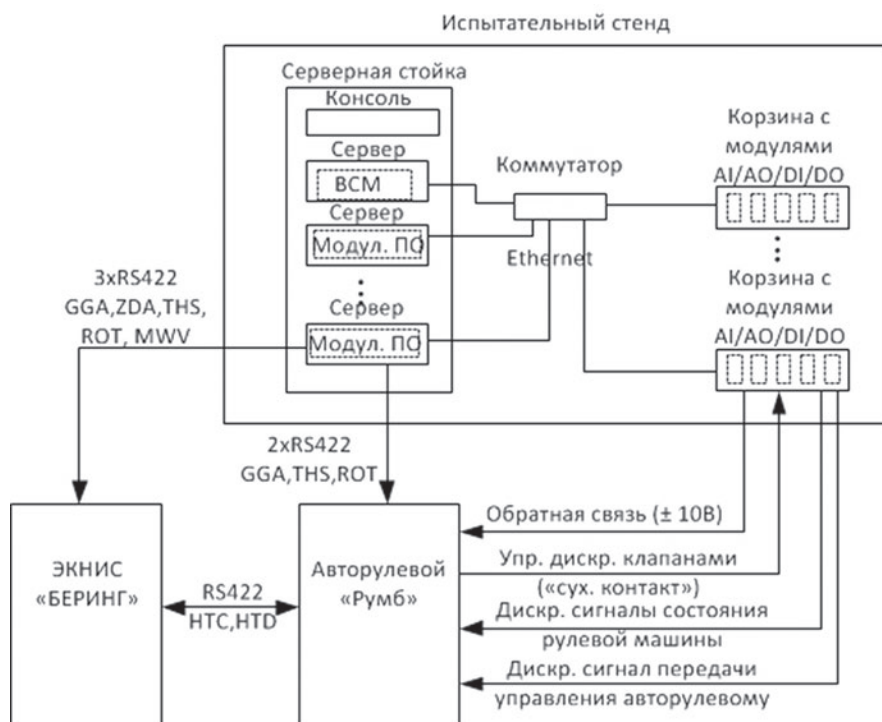


Рис. 6. Пример подключения к стенду системы управления по траектории

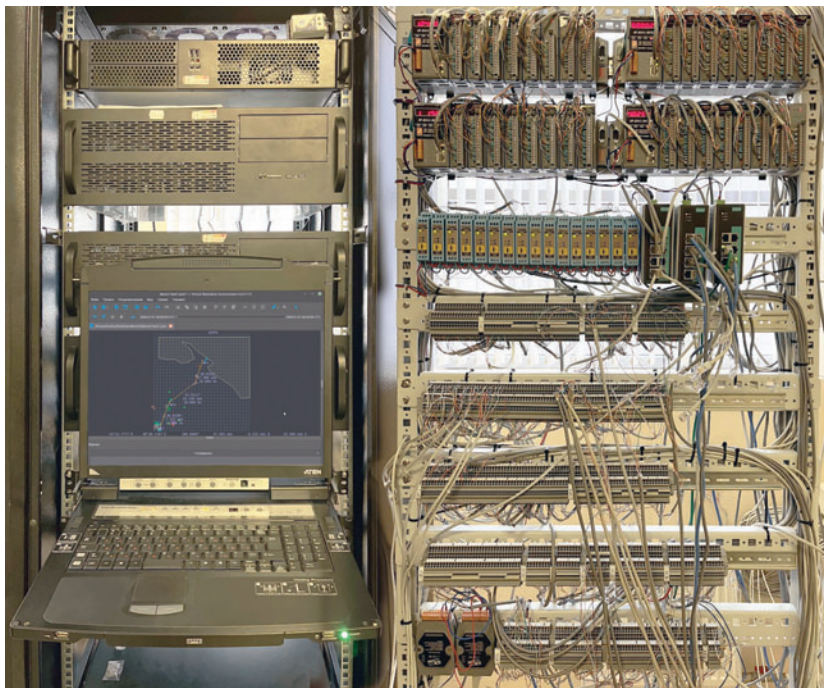


Рис. 7. Внешний вид стенда

- and radiocommunication equipment and systems – Track control systems – Operational and performance requirements, methods of testing and required test result.
5. Корнев А.С., Скрыпка А.С., Хабаров С.П. Автономное судовождение на действующих судах// Морской вестник. – 2022, №1(81). – С.92–95.
6. Шнекторов А.Г., Корнев А.С. Авторуле-

вой «Румб»// Морской вестник. – 2022. – №1(81). – С.95–96.

7. Шариков В.Ю. ЭКНИС «Беринг»// Морской вестник. – 2021. – №4(80). – С.76–78.
8. IEC 61162-1:2016. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Digital interfaces – Part 1: Single talker and multiple listeners. ■

Оценка вероятности возгорания оборудования и мебели каюты, изготовленных из различных материалов, представляет собой реализацию строго определенного алгоритма, представленного ниже на рис. 4, где для расчетов используются аналитические зависимости (1) – (51), а в качестве исходной информации – сведения о пожарной нагрузке оборудования и мебели, а также дополнительной нагрузки в виде личных вещей проживающих, представленная в табл. 2 и табл. 3.

В основе алгоритма – структурно-логическая схема описания условий развития пожара в каюте, представленная в предыдущей статье (см. «Морской вестник», 2022, №1(81)), разработанная на основе сценария развития неблагоприятных событий:

- от возгорания мусорного ведра происходит возгорание письменного стола или оно не происходит (если плотность теплового потока превышает критическую поверхностную плотность, и не происходит, если она не превышает критическую поверхностную плотность).
- от возгорания письменного стола происходит возгорание шкафа и кресел, если плотность теплового потока превышает критическую поверхностную плотность, и не происходит, если плотность теплового потока не превышает эту величину. И так далее до всех элементов каюты и мебели, а также переборок.

В процессе реализации алгоритма рассчитывается время выгорания элементов мебели и оборудования каюты, рассчитывается изменение среднеобъемной температуры в каюте, а также оценка соответствия времени огневого воздействия классу огнестойкости переборок с тем, чтобы определить вероятность их разрушения (рис. 4).

С использованием разработанных математических зависимостей развития пожара в каюте и алгоритма оценки вероятности возгорания мебели получены расчетные вероятностные характеристики возгорания (в смысле разрушения от огня) или сохранения устойчивости к возгоранию элементов мебели и оборудования каюты, а также вероятности разрушения ограждений каюты (переборок) для различных значений времени обнаружения возгорания и пожара личным составом (табл. 4).

ОЦЕНКА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ЧАСТЬ 2*

П.А. Зубков, канд. техн. наук, первый заместитель генерального директора ООО «Морские комплексные системы»,
контакт. тел. (812) 441 2401, info@mcs-spb.com

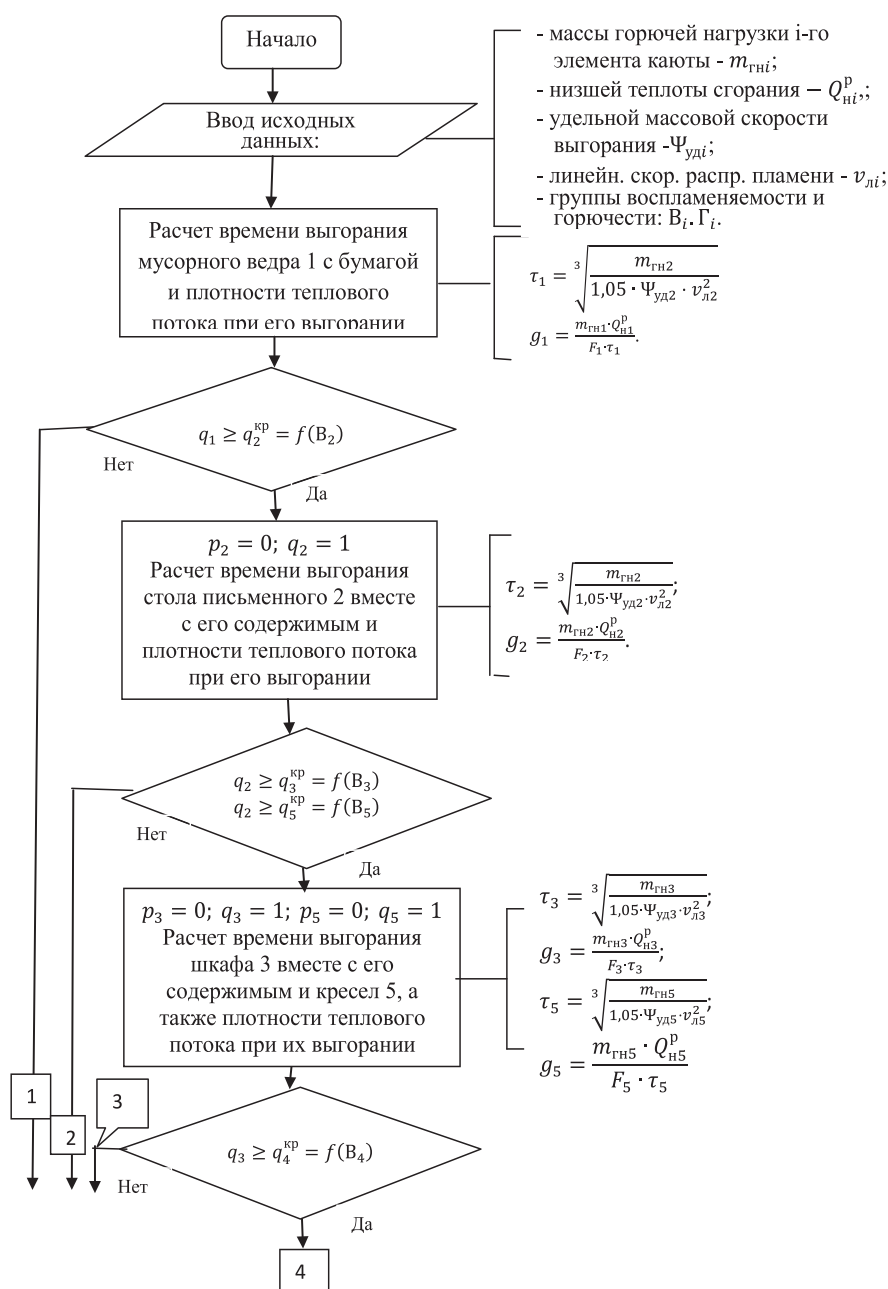


Рис. 4. Алгоритм оценки вероятности возгорания оборудования и мебели одной каюты (начало)

* Окончание. Начало см. «Морской вестник», 2022, №2 (82)

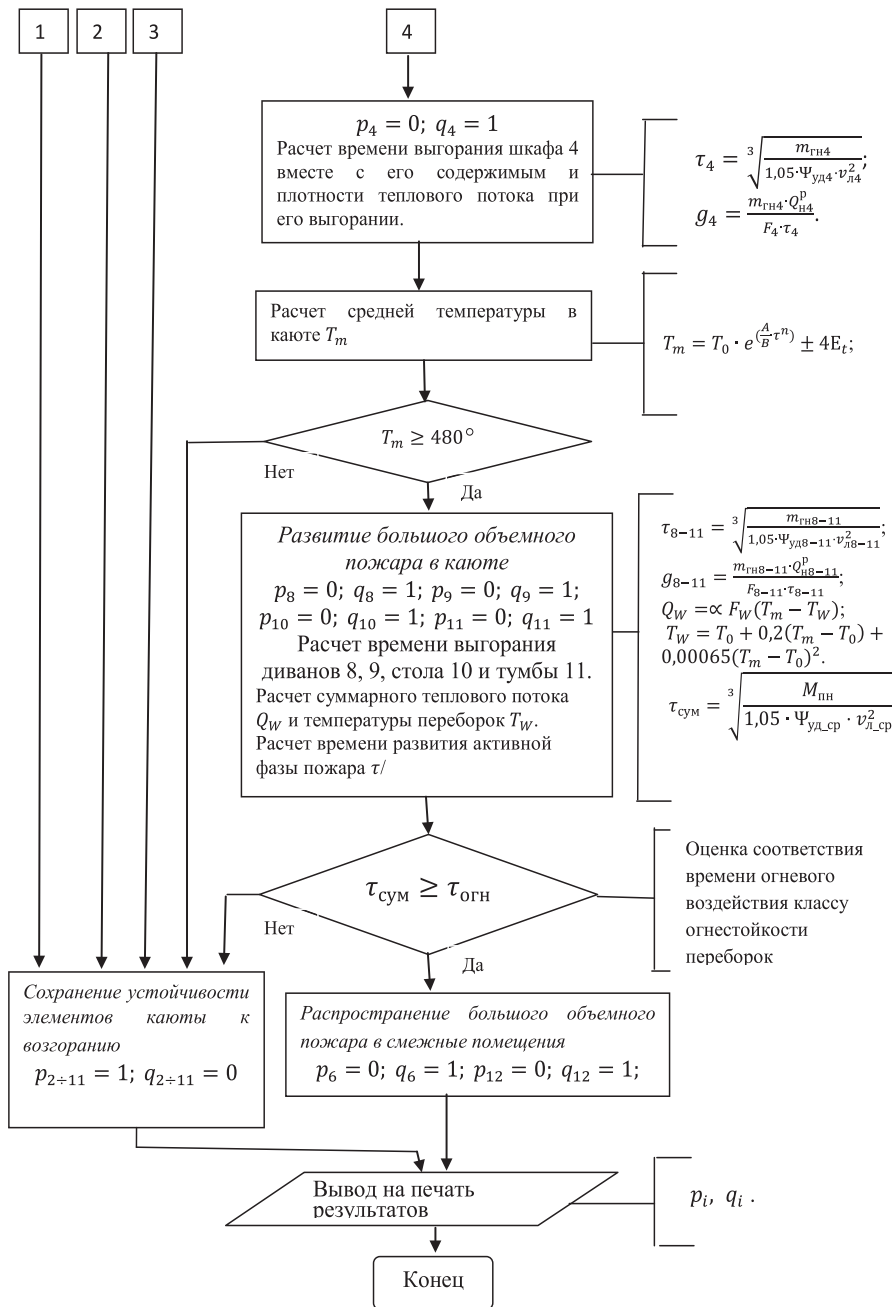


Рис. 4. Алгоритм оценки вероятности возгорания оборудования и мебели од- номестной каюты (конец)

Таким образом, проблема получе- ния исходных данных для использо- вания логико-вероятностных методов при оценке противопожарной безо- пасности корабельных помещений, а так- же оценки влияния инновационных технических решений компании ООО «Морские комплексные системы» на противопожарную безопасность по- мещений корабля решена.

Расчеты выполнялись для раз- личных конструкционных материа- лов элементов мебели и оборудова- ния каюты, в том числе производства ООО «МКС», а также для различного времени развития пожара в каюте, ко- торое зависит от времени обнаруже- ния пожара личным составом и при- нятия решений по его локализации и тушению.

Далее с использованием комплекса автоматизированного структурно-ло- гического моделирования разработки профессора А.С.Можаева, могут про- водиться расчеты противопожарной бе- зопасности помещений корабля (на примере одноместной каюты), а имен- но, вероятности:

- перерастания возгорания в боль- шой объемный пожар в каюте;
- распространения пожара в смеж- ные помещения;
- затухания пожара в каюте и непе- рерастания его в большой объем- ный пожар;
- нераспространения большого объемного пожара в смежные по- мещения.

Расчеты выполняются путем под- ставления исходных данных из табл. 3 в вероятностные функции, разрабо- танные в предыдущей статье. Резуль- таты расчетов представлены в табл. 5, табл. 6 и на рис. 5–12.

На основе анализа результатов ис- следований можно сделать следующие выводы:

1. Основной причиной перераста- ния возгорания в большой объемный

Таблица 4

Вероятность возгорания (сохранения устойчивости к возгоранию) мебели и оборудования каюты

№ поз.	Наименование оборудования, материалы	Вероятность сохранения устойчивости к возгоранию p_i				Вероятность возгорания q_i			
		$\tau_{ог}, \text{ мин}$				$\tau_{ог}, \text{ мин}$			
		5	10	15	20	5	10	15	20
1	Мусорное ведро пластмассовое, заполненное бумагой	0,002	0,001	0,0005	0	0,998	0,999	0,9995	1,0
2	Стол письменный:								
	– из алюминия	0,992	0,986	0,982	0,978	0,008	0,014	0,018	0,022
	– из стали	0,999	0,995	0,991	0,987	0,001	0,005	0,009	0,013
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,22	0,115	0,01	0,001	0,78	0,885	0,990	0,999
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,14	0,11	0,074	0,0001	0,86	0,89	0,926	0,9999

Таблица 4 (продолжение)

Вероятность возгорания (сохранения устойчивости к возгоранию) мебели и оборудования каюты

№ поз.	Наименование оборудования, материалы	Вероятность сохранения устойчивости к возгоранию p_i				Вероятность возгорания q_i			
		$\tau_{об}, \text{мин}$				$\tau_{об}, \text{мин}$			
		5	10	15	20	5	10	15	20
3	Шкафы разного назначения:								
	– из алюминия	0,998	0,994	0,99	0,986	0,002	0,006	0,01	0,014
	– из стали	0,999	0,997	0,995	0,993	0,001	0,003	0,005	0,007
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,24	0,12	0,03	0,005	0,76	0,88	0,97	0,995
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,16	0,13	0,1	0,005	0,84	0,87	0,9	0,995
4	Шкаф для платья и белья двусторчатый:								
	– из алюминия	0,999	0,997	0,995	0,993	0,001	0,003	0,005	0,007
	– из стали	0,999	0,999	0,998	0,997	0,001	0,001	0,002	0,003
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,25	0,14	0,05	0,025	0,75	0,86	0,95	0,975
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,18	0,15	0,12	0,01	0,82	0,85	0,88	0,99
5	Кресло металлическое с тканью обивочной TREARTEX	0,9	0,8	0,7	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4
6, 12	Переборки:								
	– сэндвич-панели Strongbox класса огнестойкости В-15	1,0	0,999	0,995	0,99	0	0,001	0,005	0,01
	– переборки из стали класса огнестойкости С	0,95	0,9	0,7	0,3	0,05	0,1	0,3	0,7
8	Диван мягкий III с тканью обивочной TREARTEX	0,95	0,85	0,75	0,65	0,05	0,15	0,25	0,35
9	Диван мягкий с тканью обивочной TREARTEX	0,99	0,89	0,8	0,7	0,01	0,11	0,2	0,3
10	Стол преддиванный:								
	– из алюминия	1,0	0,999	0,998	0,996	0	0,001	0,002	0,004
	– из стали	1,0	0,999	0,9985	0,997	0	0,001	0,0015	0,003
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,3	0,2	0,1	0,05	0,7	0,8	0,9	0,95
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,2	0,17	0,1	0,005	0,8	0,83	0,9	0,995
11	Тумба прикроватная:								
	– из алюминия	1,0	0,999	0,998	0,996	0	0,001	0,002	0,004
	– из стали	1,0	0,999	0,9985	0,997	0	0,001	0,0015	0,003
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,3	0,2	0,1	0,05	0,7	0,8	0,9	0,95
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,2	0,17	0,1	0,005	0,8	0,83	0,9	0,995
13	Шкаф для туалетных принадлежностей:								
	– из алюминия	1,0	1,0	0,999	0,998	0	0	0,001	0,002
	– из стали	1,0	1,0	1,0	0,999	0	0	0	0,001
	– из дерева (столярная плита, шпон)	0,5	0,3	0,2	0,1	0,5	0,7	0,8	0,9
	– 3-слойные щиты (слоистый пластик, пенопласт, поропласт)	0,4	0,2	0,1	0,005	0,6	0,8	0,9	0,995

Таблица 5

Расчетные значения вероятностных характеристик противопожарной безопасности каюты (переборки из сэндвич-панелей Strongbox класса огнестойкости В-15)

№ п/п	Критерий	Расчетные значения			
		Время обнаружения пожара $\tau_{об}$, мин			
		5	10	15	20
Мебель из алюминия (производства ООО МКС)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,007984	0,01399	0,017991	0,022
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,0003992	0,0021098	0,004565	0,007843
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,99998	0,999916	0,99998	0,99969
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	1,0	0,99999	0,99999	0,9999
Металлическая мебель (производства ООО МКС)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,000998	0,004995	0,0089955	0,013
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,0000499	0,0007535	0,0022826	0,0046345
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,99999	0,99998	0,99995	0,9999
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	1,0	0,99999	0,99999	0,99999
Мебель из дерева (столярная плита покрытая шпоном)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,77844	0,88412	0,9895	0,999
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,03892	0,13337	0,25108	0,356
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,40838	0,22198	0,0418	0,00599
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	1,0	0,99986	0,998632	0,99612
Мебель из слоистого пластика					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,85828	0,88911	0,925537	0,999
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,042914	0,134122	0,234855	0,35614
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,27904	0,22647	0,167016	0,005995
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	1,0	0,99987	0,9989	0,99606

Таблица 6

Расчетные значения вероятностных характеристик противопожарной безопасности каюты (переборки из стали класса огнестойкости С)

№ п/п	Наименование критериев	Расчетные значения			
		Время обнаружения пожара $\tau_{об}$, мин			
		5	10	15	20
Мебель из алюминия (производства ООО МКС)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,007984	0,004995	0,017991	0,022
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,000778	0,001173	0,0085457	0,01771
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,999984	0,999985	0,99982	0,99969

Таблица 6 (продолжение)

Расчетные значения вероятностных характеристик противопожарной безопасности каюты (переборки из стали класса огнестойкости С)

№ п/п	Наименование критериев	Расчетные значения			
		Время обнаружения пожара $\tau_{обс}$ мин			
		5	10	15	20
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	0,999999	0,999999	0,999999	0,999999
Металлическая мебель (производства ООО МКС)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,000998	0,004995	0,0089955	0,013
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,000097	0,001173	0,0042728	0,010465
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,99999	0,999985	0,999955	0,999909
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	0,99999	0,99999	0,999999	0,999999
Мебель из дерева (столярная плита покрытая шпоном)					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,77844	0,884115	0,989505	0,999
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,075898	0,20776	0,470015	0,804195
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,408385	0,221978	0,04018	0,005995
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	0,99778	0,98661	0,91793	0,728636
Мебель из слоистого пластика					
1	Вероятность развития большого объемного пожара $Y_1=P_{\text{пож}}(t)$	0,85828	0,88911	0,925537	0,999
2	Вероятность распространения пожара в смежные помещения $Y_2=P_{\text{распр}}(t)$	0,083682	0,20894	0,43963	0,804195
3	Вероятность затухания пожара в источнике (в каюте) $Y_3=P_{\text{зат}}(t)$	0,27944	0,22647	0,167016	0,005995
4	Вероятность нераспространения пожара в каюте в смежные помещения $Y_4=P_{\text{нераспр}}(t)$	0,99704	0,98685	0,934027	0,724461

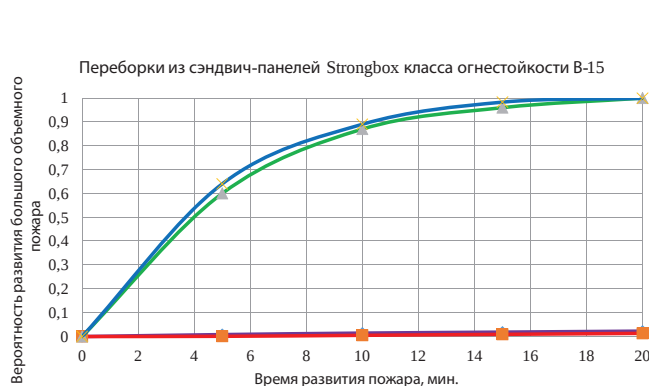


Рис. 5. Изменение вероятности развития большого объемного пожара в каюте с переборками из сэндвич-панелей Strongbox в зависимости от времени

— мебель из алюминия ООО «МКС»
— мебель из дерева
— металлическая мебель ООО «МКС»
— мебель из слоистого пластика

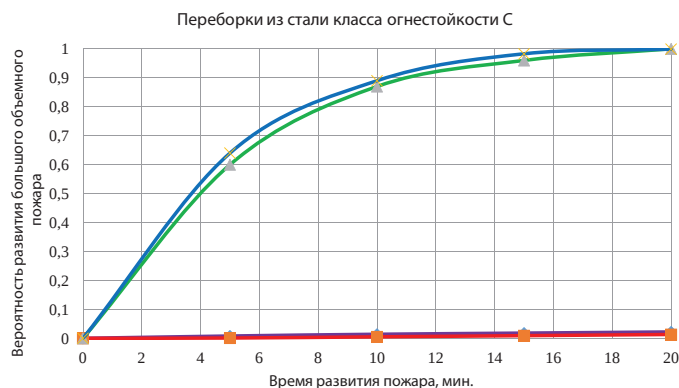


Рис. 6. Изменение вероятности развития большого объемного пожара в каюте с переборками из стали класса огнестойкости С в зависимости от времени

— мебель из алюминия ООО «МКС»
— мебель из дерева
— металлическая мебель ООО «МКС»
— мебель из слоистого пластика

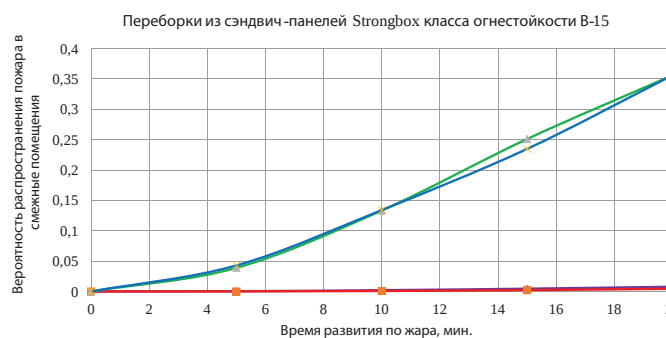


Рис. 7. Изменение вероятности распространения пожара из каюты в смежные помещения с переборками из сэндвич-панелей Strongbox в зависимости от времени

- мебель из алюминия ООО «МКС»
- мебель из дерева
- металлическая мебель ООО «МКС»
- мебель из слоистого пластика

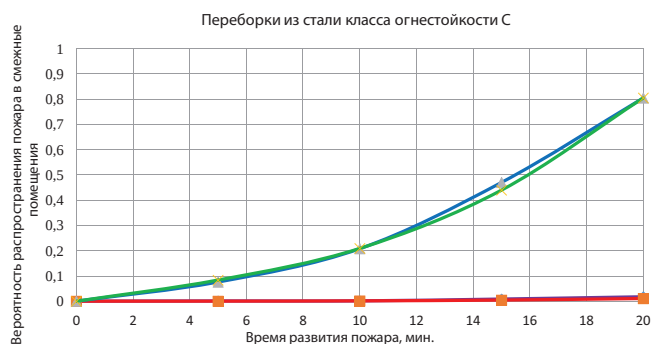


Рис. 8. Изменение вероятности распространения пожара из каюты в смежные помещения с переборками из стали класса огнестойкости C в зависимости от времени

- мебель из алюминия ООО «МКС»
- металлическая мебель ООО «МКС» + лист 1!SWS110
- мебель из дерева
- мебель из слоистого пластика + лист 1!SWS109

пожар в каютах является высокая горючая нагрузка материалов, из которых изготовлены мебель и другое оборудование каюты. Дополнительная горючая нагрузка в виде личных вещей, документации и т.п. также оказывает влияние на противопожарную безопасность каюты, но в гораздо меньшей степени. Даже в случае полного выгорания дополнительной пожарной нагрузки, но при использовании негорючей металлической мебели и оборудования каюты пожар будет локализован.

Таким образом, вероятность перерастания возгорания, например, от мусорного ведра в большой объемный пожар в каюте с течением времени увеличивается только в случае использования оборудования и мебели из горючих материалов, что, к сожалению, до настоящего времени реализуется на большинстве кораблей ВМФ. Причем независимо от материала ограждений (огнестойкости переборок – см. рис. 5 и рис. 6) вероятность перерастания возгорания в большой объемный по-

жар в каюте практически не изменяется.

2. Вероятность распространения пожара в смежные помещения в значительной степени зависит от горючести оборудования и мебели каюты, а также от класса огнестойкости ограждений каюты (переборок).

Так, при использовании негорючей металлической мебели и оборудования каюты пожарная нагрузка существенно уменьшается и распространение пожара в смежные каюты, когда от пожара разрушается хотя бы одна переборка, становится практически невозможным событием.

Если мебель и оборудование каюты изготовлены из дерева или слоистого пластика, вероятность разрушения хотя бы одной переборки от пожара в течение 20 минут возрастает до 0,35 при использовании огнестойких переборок из сэндвич-панелей Strongbox класса огнестойкости B-15 (см. рис. 7).

При использовании же обычных металлических переборок класса ог-

нестойкости C, как это реализовано на большинстве кораблей, вероятность разрушения хотя бы одной переборки и распространения пожара в смежное помещение в течение 20 минут увеличивается до 0,8, по сравнению с каютами, где используются огнестойкие переборки (см. рис. 8). Указанное обстоятельство является свидетельством значительного влияния пожарной нагрузки оборудования и мебели, а также класса огнестойкости переборок на вероятность распространения пожара по кораблю.

3. Вероятность затухания пожара в источнике с течением времени развития пожара также целиком определяется классом горючести оборудования и мебели. Если металлическая мебель и оборудование каюты выполнены из негорючих материалов, вероятность затухания пожара в источнике является абсолютной, т.е. все, с чем соприкасается источник возгорания (в нашем случае мусорное ведро), не будет воспламеняться и способствовать развитию пожара (см. рис. 9).

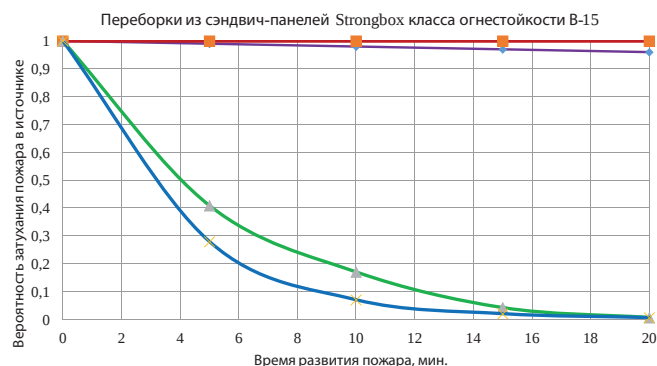


Рис. 9. Изменение вероятности затухания пожара в источнике с переборками из сэндвич-панелей Strongbox в зависимости от времени

- мебель из алюминия ООО «МКС»
- мебель из дерева
- металлическая мебель ООО «МКС»
- мебель из слоистого пластика

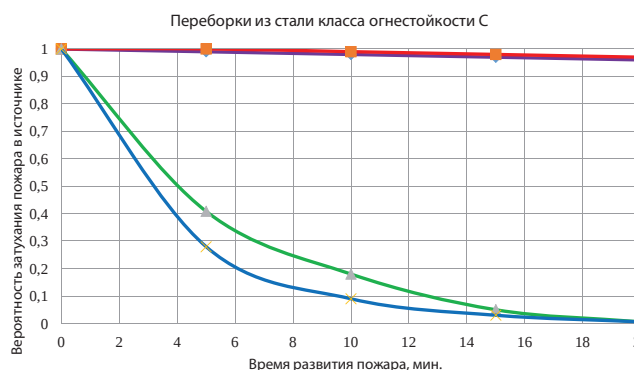


Рис. 10. Изменение вероятности затухания пожара в источнике с переборками из стали класса огнестойкости C в зависимости от времени

- мебель из алюминия ООО «МКС»
- мебель из дерева
- металлическая мебель ООО «МКС» + лист 1!SWS110
- мебель из слоистого пластика + лист 1!SWS109

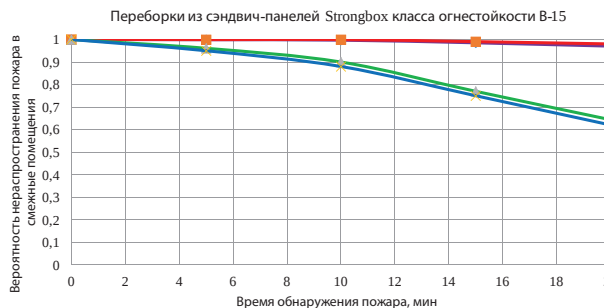


Рис. 11. Изменение вероятности нераспространения пожара в смежные помещения с переборками из сэндвич-панелей Strongbox в зависимости от времени

— мебель из алюминия ООО «МКС»
 — мебель из дерева
 — металлическая мебель ООО «МКС»
 — мебель из слоистого пластика

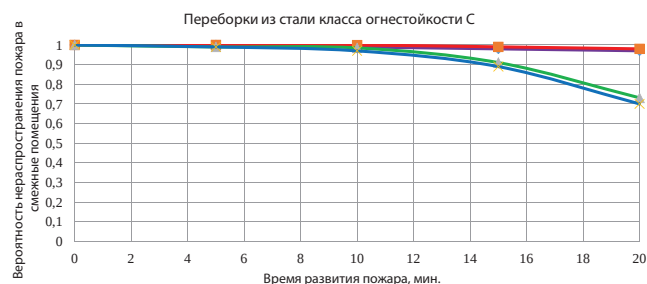


Рис. 12. Изменение вероятности нераспространения пожара в смежные помещения с переборками из стали класса огнестойкости С в зависимости от времени

— мебель из алюминия ООО «МКС»
 — мебель из дерева
 — металлическая мебель ООО «МКС»
 — мебель из слоистого пластика

При изготовлении оборудования и мебели из горючих материалов (деревянные изделия или изделия из пластика) вероятность затухания пожара в источнике снижается в течение времени развития пожара, что является следствием роста пожарной нагрузки помещения по мере воспламенения новых элементов мебели и оборудования каюты.

Вероятность затухания пожара в источнике, так же как и вероятность развития пожара в каюте, практически не зависит от материала ограждений (класса огнестойкости переборок), а зависит от горючести материала мебели и оборудования кают (см. рис. 10).

4. Вероятность нераспространения пожара в смежные помещения в значительной степени зависит как от горючести оборудования и мебели каюты, так и от степени огнестойкости переборок. При изготовлении металлической мебели вероятность нераспространения пожара в смежные помещения является практически абсолютной (см. рис. 11).

5. При изготовлении оборудования каюты и мебели из горючих материалов вероятность нераспространения пожара в смежные помещения существенно снижается и становится зависимой от степени огнестойкости переборок. Так, например, при использовании огнестойких переборок класса огнестойкости B-15 и мебели, изготовленной из горючих материалов, веро-

ятность нераспространения пожара в смежные помещения снижается на 30 – 35% в течение 20 минут развития пожара (см. рис. 11). При использовании обычных металлических переборок класса огнестойкости С вероятность нераспространения пожара в смежные помещения в течение 20 минут его развития снижается приблизительно на 80%, что весьма существенно (см. рис. 12).

Использование аппарата логико-вероятностных методов в совокупности с математической моделью развития пожара в помещениях позволяют количественно оценить вероятностные характеристики противопожарной безопасности жилых и служебных помещений корабля.

Использование современных технологий производства оборудования и мебели корабельных помещений позволяет оснащать перспективные корабли и корабли, находящиеся в ремонте или на модернизации, мебелью по своим эстетическим и эргономическим характеристикам, не уступающим лучшим мировым аналогам, обеспечивающим комфортные условия пребывания на корабле личного состава, а также существенно (в разы) снижать противопожарную безопасность жилых и служебных помещений и корабля в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник аварий и происшествий на кораблях ВМФ за 2009 – 2015 год. Управ-

ление боевой подготовки ВМФ. – СПб., 2015.

- Можжаев А.С. Автоматизация моделирования систем ВМФ. Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем: учебник ВМА. – Ч. II. – СПб.: Изд. ВМА, 2006. – 577 с.
- Молчадский И.С. Пожар в помещении. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2005. – 455 с.
- Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. – 118 с.
- Моделирование пожаров и взрывов / Под ред. Н.Н. Брушлинского, А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
- Хранский С.Ф. Прогнозирование опасных факторов пожара. Конспект лекций. – Омск: ОмГТУ, 2012. – 80 с.
- Самарский А.А., Вабишевич П.Н. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 782 с.
- ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.
- Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382. – М.: Центр пропаганды, 2009. – 52 с.
- Пузач С.В. Математическое моделирование газодинамики и теплообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – 150 с.
- Пузач С.В. Методы расчета теплообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с. ■

В соответствии с Международными правилами предупреждения столкновений судов в море – МППСС-72 – суда, имеющие длину более 12 м требуется оснащать звукосигнальным устройством.

Современными и, как показала практика, востребованными у судоводителей звукосигнальными средствами, подающими предписанные сигналы в условиях плохой видимости, маневрирования при сближении судов и в других ситуациях, являются тифоны электрические. Опыт их использования на судах различных классов и назначений показал высокую эффективность и надежность. Тифоны различаются по диапазону основных частот, уровню звукового давления и дальности слышимости. Подбор тифона происходит с учетом типа и длины судна. Каждый тифон работает на своей основной частоте, гарантируя определенную интенсивность звука, причем каждому классу судна соответствует определенный диапазон используемых частот звуковых сигналов.

В 2016 г. в рамках импортозамещения АО «МНС» приступило к созданию и производству собственных отечественных тифонов. Первым был разработан тифон электрический судовой ТЭС-75, предназначенный для подачи звуковых сигналов маневроуказания и предупреждения для кораблей и судов длиной от 75 до 200 м. Затем – тифон электрический судовой ТЭС-20 для кораблей и судов длиной от 20 до 75 м. И, наконец, на завершающей стадии находится разработка

ТИФОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТЭС-20 И ТЭС-75 РАЗРАБОТКИ АО «МНС»

В.С. Кожевников, зам. ген. директора,
И.А. Гаврилов, руководитель проекта,
АО «МНС»,
контакт. тел. (812) 320 3840

тифона электрического судового ТЭС-200 для кораблей и судов длиной 200 м и более.

На сегодняшний день тифоны электрические судовые ТЭС-20 и ТЭС-75 производства АО «МНС» – единственные выпускаемые в РФ судовые электрические звукоуказательные средства такого класса, имеющие Свидетельства о типовом одобрении РС (рис. 1).

Тифон ТЭС-20, предназначенный для установки на судах длиной от 20 до 75 м, состоит из блока излучения звуковых сигналов (БИЗС) и блока генерации и усиления звуковых сигналов (БГУЗС). БИЗС (звукоизлучающая часть тифона) предназначен для преобразования электрической энергии в акустическую энергию направленного действия.



Рис. 2. Внешний вид прибора БИЗС

Прибор БИЗС (рис. 2) включает электродинамическую головку, сопряженную с рупором и помещенную в защитный съемный кожух. БИЗС устанавливается на мачте или надстройке судна.

Электродинамическая головка обеспечивает преобразование электрического сигнала в звуковой.



Рис. 3. Внешний вид прибора БГУЗС



Рис. 1. Свидетельства о типовом одобрении РС тифонов ТЭС-20 и ТЭС-75

Прибор БГУЗС (рис. 3) предназначен для формирования, усиления, коммутации и трансляции в БИЗС электрического сигнала в диапазоне основных частот от 400 до 700 Гц. Коммутация электрического сигнала производится от внешнего оборудования, подключенного к входным контактам клеммного терминала БГУЗС – сигнального автомата или кнопки.

БГУЗС устанавливаются во внутренних помещениях судна (как правило, в ходовой рубке). Оборудование БГУЗС размещено в навесном корпусе.

Основные технические характеристики тифона ТЭС-20

Несущая частота звукового сигнала, Гц	440
Звуковое давление на расстоянии 1 м и в 1/3 октавной полосы, не менее, дБ	130
Электропитание	220 В, 50 Гц
Максимальная потребляемая мощность, не более, Вт	400
Температура окружающего воздуха, °С	От –50 до +55
Габаритные размеры БИЗС (Ш×В×Г), мм	450×423×500
Габаритные размеры БГУЗС (Ш×В×Г), мм	400×550×150
Масса БИЗС, не более, кг	15
Масса БГУЗС, не более, кг	13
Степень защиты БИЗС	IP 56
Степень защиты БГУЗС	IP 22

Тифон ТЭС-75 предназначен для установки на судах длиной от 75 до 200 м.

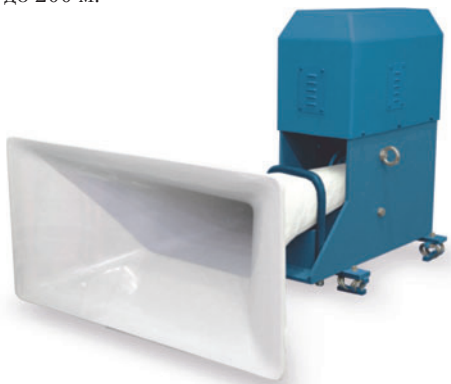


Рис. 4. Внешний вид излучателя звукового тифона ТЭС-75

В состав тифона ТЭС-75 входят излучатель звуковой (рис. 4) и шкаф управления. Так же, как и в случае с тифоном ТЭС-20, излучатель размещается на открытой части судна в соответствии с требованиями Правил Регистра, а шкаф – во внутренних помещениях.

Принцип действия данного тифона основан на генерации знакопеременного давления воздушных масс за счет работы кривошипно-шатунного поршневого механизма. Приведение механизма в движение обеспечивается электродвигателем. Поршень, установленный в звуковом излучателе, совершает возвратно-поступательное движение в цилиндре, создавая под собой давление воздуха. Возбуждаемые колебания обеспечивают необходимое давление для создания низкочастотного сигнала дальностью слышимости более 2 мор. миль.



Рис. 5. Внешний вид шкафа управления тифона ТЭС-75

Шкаф управления (рис. 5) предназначен для коммутации напряжения питания тифона ТЭС-75 380 В путем подачи на него управляющих сигналов от внешнего коммутационного оборудования в автоматическом и ручном режиме.

Основные технические характеристики тифона ТЭС-75

Несущая частота звукового сигнала, Гц	142
Звуковое давление на расстоянии 1 м и в 1/3 октавной полосы, не менее, дБ	143
Электропитание	3 фазы, 380 В, 50 Гц
Максимальная потребляемая мощность, не более, кВт	2,4
Температура окружающего воздуха, °С	от –50 до +55
Габаритные размеры звукового излучателя (Ш×В×Г), мм	450×423×500
Габаритные размеры шкафа управления (Ш×В×Г), мм	600×600×350
Масса звукового излучателя, не более, кг	75
Масса шкафа управления, не более, кг	37
Степень защиты звукового излучателя	IP 56
Степень защиты шкафа управления	IP 22

Корпуса приборов тифонов ТЭС-20 и ТЭС-75 изготавливаются из устойчивого к коррозии алюминиевого сплава. Широкий диапазон температур, при которых могут эксплуатироваться тифоны, позволяет устанавливать их на арктические суда.

При необходимости обеспечения автоматического режима подачи звуковых сигналов определенной длительности возможна поставка с устройством управления сигналами маневроуказания и предупреждения типа MNS-601 (рис. 6), также производства АО «МНС».



Рис. 6. Внешний вид устройства управления сигналами маневроуказания и предупреждения MNS-601

ВЫВОД

Разработанные и выпускаемые АО «МНС» звуковые сигнальные устройства тифоны электрические ТЭС-20 и ТЭС-75 обладают рядом неоспоримых преимуществ.

1. Производство изделий осуществляется в России, г. Санкт-Петербург, с применением минимального количества импортных комплектующих.
2. Тифоны имеют Свидетельства о типовом одобрении РС.
3. Корпуса приборов тифонов ТЭС-20 и ТЭС-75 изготавливаются из устойчивого к коррозии алюминиевого сплава.
4. Широкий диапазон температур, при которых могут эксплуатироваться тифоны, позволяет устанавливать их на арктические суда.
5. Возможна поставка с устройством управления сигналами маневроуказания и предупреждения производства АО «МНС».

ЛИТЕРАТУРА

1. (Международные) Правила предупреждения столкновений судов в море/МППСС-72/, изд. 2010.
2. Правила по оборудованию морских судов. – Ч. III «Сигнальные средства»/Российский морской регистр судоходства. – СПб., 2022. ■

Водолазная техника (ВТ), как и другие виды техники, является объектом стандартизации. О необходимости разработки национальных стандартов, регламентирующих разработку, производство и сертификацию ВТ, а также обеспечения ее сертификации, сказано в Концепции развития водолазного дела в России до 2020 г. (КРВД–2020), одобренной решением Морской коллегии (МК) при Правительстве РФ от 18.04.2008 г. [1].

Это обусловлено в том числе и тем, что эффективность выполнения водолазных работ находится в прямой зависимости от уровня стандартизации ВТ, который определяется прежде всего выполнением требований документов национальной системы стандартизации [2–7].

Особенностями стандартизации ВТ являются:

- использование ВТ в качестве средств двойного назначения, как для военных, так и для гражданских целей;
- необходимость учета особенностей применения ВТ во многих федеральных органах исполнительной власти (ФОИВ), силовых структурах, государственных корпорациях, нефтегазовом комплексе, организациях и учреждениях с различными формами собственности, в том числе в сфере любительского подводного плавания;
- принадлежность ВТ согласно Указу Президента РФ № 899 от 7.07.2011 г. к приоритетным направлениям развития науки, а технологии применения ВТ для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера – к критическим технологиям РФ.

Целями стандартизации ВТ, согласно [2], являются:

- обеспечение обороны страны и безопасности государства;
- техническое перевооружение промышленности;
- повышение качества продукции, выполнения работ, оказания услуг и конкурентоспособности продукции российского производства.

Достижение этих целей осуществляется путем решения следующих задач:

- внедрение передовых технологий, достижение и поддержание технологического лидерства РФ;
- повышение уровня безопасности жизни и здоровья людей, охрана окружающей среды;
- оптимизация и унификация номенклатуры продукции, обеспечение ее совместимости и взаимозаменяемости, сокращение сроков ее создания, освоения в производстве, а также затрат на эксплуатацию и утилизацию и др.

Следует также учитывать, что стандартизация ВТ позволяет:

- снизить затраты на проектирование, серийное производство, обслуживание и ремонт средств;
- уменьшить время и затраты на подготовку водолазного состава.

Актуальность указанных целей и задач возрастает в условиях усиления внешних санкций и возрастания импортозамещения при создании ВТ. При

этом важно подчеркнуть, что цели и задачи стандартизации ВТ определяют ее как один из основных инструментов реализации единой научно-технической политики в водолажном деле и достигаются в рамках национальной системы стандартизации при взаимодействии и согласованной работе всех участников работ по стандартизации, определенных ст. 2 п. 4 ФЗ [2].

Принцип добровольности применения стандартов имеет ограничения. Есть ряд случаев, когда использование национальных стандартов обязательно при публичном заявлении изготовителя о соответствии изделия ГОСТ Р.

Одним из основных структурных элементов национальной системы стандартизации являются технические комитеты (ТК) по стандартизации, в области ВТ – профильный ТК416 «Гипербарическая техника». Смежными техническими комитетами являются ТК023 «Нефтяная и газовая промышленность», ТК035 «Услуги в области любительского дайвинга», ТК071 «Гражданская оборона, предупреждение и ликвидация ЧС» и др.

За техническим комитетом по стандартизации ТК416 «Гипербарическая техника», который образован приказом Госстандарта России № 191 от 27.04.1999 г. на базе 40 ГНИИ МО РФ (до 2010 г.), в качестве объектов стан-

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ВОДОЛАЗНОЙ ТЕХНИКИ. АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

В.Н. Илюхин, д-р техн. наук, проф., председатель технического комитета по стандартизации ТК416 «Гипербарическая техника»,
контакт. тел. (812) 710 4011, cpntokrylov@mail.ru



Рис. 1. Структура технического комитета по стандартизации ТК416 «Гипербарическая техника»

дартизации закреплена водолазная, поисково-спасательная и гипербарическая медицинская техника. Действующая структура (рис. 1), состав, цели и задачи ТК416 определены приказом Ростандарта от 15.02.2021 г. № 131.

Основные задачи ТК:

- проведение экспертизы проектов документов национальной системы стандартизации;
- участие в формировании программ стандартизации и проведение контроля за реализацией этих программ.

Организацией, ведущей секретариат ТК416, определено Российское НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. Членами ТК416 являются 21 организация [8].

За 1999–2021 гг. в ТК416 проведены научно-технические экспертизы более 40 национальных стандартов, составляющих основу гипербарической (спасательной и водолазной) техники, большинство из которых утверждены Росстандартом [8]. С 1.07.2022 г. вступает в действие национальный стандарт ГОСТ Р 59723–2021 «Водолазные комплексы мобильные. Общие технические условия».

На основе предложений членов ТК416, а также с учетом тенденций развития ВТ (рис. 2) в 2021 г. ТК416 сформирована и утверждена перспективная программа работы комитета до 2030 г. Программа предусматривает разработку 18 национальных стандартов, в том числе 12 по водолазной технике и 2 по гипербарической медицинской технике. Планируется разработка ГОСТ Р «Снаряжение водолазное. Баллоны водолазных дыхательных аппаратов. Общие технические условия», ГОСТ Р «Техника водолазная. Беседки для водолазных спусков. Общие технические требования», ГОСТ Р «Снаряжение водолазное. Средства комбинированные спасательные для водолазов. Технические требования», ГОСТ Р «Водолазная техника. Средства измерения и контроля. Декомпрессиметр водолазный. Общие технические условия» и другие. Ежегодно до 1 июля перспективная программа уточняется на заседаниях ТК416 с подачей предложений в ежегодную программу национальной стандартизации (ПНС), утверждаемую Росстандартом. В настоящее время ТК416 проводит экспертизу следующих национальных стандартов по водолазной технике:

- ГОСТ Р «Снаряжение водолазное. Аппараты водолазные дыхательные с замкнутой схемой дыхания. Общие технические условия» (разработчик - АНО «ЦПИ РГО»);
- ГОСТ Р «Защитная одежда водолазов. Гидрокостюмы, гидрокombineзоны и рубахи. Общие техниче-

ские условия» (разработчик – АО «ПТС»).

Существующий уровень стандартизации ВТ свидетельствует о необходимости расширения числа национальных стандартов по таким видам ВТ, как средства обогрева водолазов, средства газоснабжения, средства спуска, подъема и транспортировки водолазов, средства обеспечения водолазных работ и другим. Тенденции развития ВТ, как и других видов техники, заключаются в их многофункциональности, модульном построении, включая использование сменяемых узлов и модулей, роботизации водолажных работ, а также в многообразии типов средств одного функционального назначения, обусловленной требованиями различных ФОИВ и ведомств (рис. 2). Каждое ведомство определяет технические требования с учетом особенностей стоящих перед ними задач, что и создает многообразие типов ВТ одного функционального назначения. Такие требования существуют как в ВМФ Минобороны, так и в МЧС России, Министерстве транспорта и других ведомствах. Так, например, за последние годы создано более десяти мобильных водолажных комплексов для погружений на глубину до 60 м, множество типов телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов и др. К сожалению, предложений в ПНС и в ТК416 от заинтересованных ФОИВ и других участников работ по стандартизации, указанных в ст. 2 п. 4 [2], по разработке, отмене, пересмотру того или иного национального стандарта по ВТ, к сожалению, не поступало. Такой подход к стандартизации ВТ, являющейся инструментом проведения единой технической политики в области водолазного дела, не способствует решению задачи проведения согласованной межведомственной научно-технической политики в водолажном деле.

Для подтверждения соответствия ВТ как объектов стандартизации требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров предусмотрены системы добровольной и обязательной сертификации [3, 5, 7]. Обязательной сертификации подлежит часть ВТ, определенная в [6]. В соответствии с [3] обязательной сертификации подлежит определенная номенклатура продукции и услуг, перечень которой ежегодно корректируется на основании [5], в котором содержится перечень товаров и услуг и нормативных документов, требованиям которых они должны соответствовать. Водолазная техника в этом перечне отсутствует. Это связано с отсутствием не национальных стандартов на такую технику, а предложений от ФОИВ, заинтересованных в этом. Чтобы выполнение действующих и разрабатываемых национальных

стандартов было не добровольным, а обязательным для разработчиков ВТ необходим соответствующий технический регламент. К сожалению, предложений заинтересованных в этом ФОИВ по включению ВТ в перечень средств, подлежащих обязательной сертификации, а также в разработке соответствующего технического регламента пока нет.

Более того, в настоящее время отсутствуют орган и испытательные лаборатории по добровольной сертификации ВТ, которые не так давно успешно работали. Важно подчеркнуть, что на уникальной экспериментальной научно-исследовательской базе 40 ГНИИ МО РФ (далее – Институт) в 2001 г. были созданы в системе МЧС России орган и испытательная лаборатория по сертификации технических средств для выполнения поисковых, аварийно-спасательных, водолажных и глубоководных работ, которые действовали, к сожалению, до 2011 г. На базе 40 ГНИИ МО РФ прошли испытания и сертифицирован ряд образцов. Наличие органа и испытательной лаборатории по добровольной сертификации ВТ не способствует заказу и последующей эксплуатации качественных образцов ВТ в условиях действия соответствующих национальных стандартов.

Анализ результатов выполнения КРВД–2020 на заседаниях Межведомственной комиссии по водолажному делу (МКВД) 2.04.2021 г, 16.02.2022 г., а также рассмотрение состояния ВТ в рамках развития водолажного дела в России в рамках проекта КРВД–2035 на заседаниях Научно-экспертного совета Морской коллегии (НЭС МК) при Правительстве РФ 7.04 и 6.12.2021 гг. и 5.04.2022 г. показывает, что многие декларированные в 2020 г. задачи не выполнены, а цели не достигнуты из-за наличия целого ряда проблем.

Основным проблемным вопросом, отмеченным НЭС МК в части создания ВТ, от которого во многом зависит уровень ее стандартизации и сертификации, является отсутствие согласованной научно-технической политики в водолажном деле, разработка и обеспечение проведения которой возложено с 2006 г. на МКВД.

В связи с этим МК 18.05.2021 г. было принято решение:

- МЧС России совместно с заинтересованными ФОИВ и МКВД Морской коллегии разработать проекта Концепции развития водолажного дела в РФ на период до 2035 г. (КРВД–2035) до 1 декабря 2021 г.
- Минпромторгу России и другим заинтересованным ФОИВ подготовить предложения по развитию в РФ производства водолажного снаряжения и оборудования, а также подго-

**Роботизация средств
выполнения водолазных
работ**

Модульное построение

Многофункциональность

**Многообразие типов
средств одного
функционального
назначения**



Рис. 2. Тенденции развития водолазной техники

товить и реализовать в 2022–2025 гг. комплекс НИОКР по созданию технических средств для проведения водолазных работ.

Важно подчеркнуть, что проект Концепции развития водолазного дела в РФ на период до 2035 г., подготовленный МКВД и рассмотренный НЭС МК 30.11.2021 г., требует существенной доработки и актуализации. Концепция должна определять прежде всего направления развития водолазного дела, а не делать акцент на существующих проблемах, которые в большей части сохранились и повторяют большинство проблем из КРВД–2020. Почти 75% содержания КРВД–2035 посвящено также характеристике состояния водолазного дела и проблемам. В нем отсутствуют основополагающие систематизированные предложения:

- по формированию и проведению единой политики в области водолазного дела;
- по формированию единой системы экономических, организационных, научно-технических и иных мер, направленных на развитие и совершенствование водолазной деятельности и ее медицинскому обеспечению.

Реализация второго поручения МК от 18.05.2021 г. вызывает определенные сомнения в силу того, что в нем сформулирована не межведомственная программа развития ВТ, а комплекс НИОКР, не объединенный соответствующими целями, задачами, показателями на федеральном уровне. Без системного решения накопившихся проблем резуль-

таты развития производства ВТ, отвечающей современным требованиям, подготовка и реализация комплекса НИОКР по созданию технических средств для проведения водолазных работ, будут малоэффективны. Таким образом, ключевыми условиями создания и развития водолазной техники должны быть:

1. Обоснование и реализация научно-технической политики в водолажном деле на основе межведомственной программы.

Нельзя рассчитывать на выполнение поставленных задач и достижение планируемых целей, опираясь только на концептуальные положения. Это одна из причин нынешнего состояния водолазного дела и невыполнения Концепции до 2020 г. Поэтому одной из первоочередных мер по реализации единой научно-технической политики в области водолазного дела, на которую должны быть направлены усилия МКВД, должны стать разработка, согласование и утверждение межведомственной программы поэтапного развития водолазного дела до 2035 г. в нормативной правовой, организационно-технической, научно-исследовательской, квалификационной и других областях.

Важно отметить, что предложения в ежегодные ПНС должны соответствовать содержанию межведомственной программы развития ВТ.

2. Определение головной научно-исследовательской организации в области водолазного дела.

Обоснование единой научно-технической политики в области водолазно-

го дела, разработка и научно-техническое сопровождение межведомственной программы его развития невозможно без головной научно-исследовательской организации. С 1993 г. такой научной организацией был, как уже сказано, Институт, которым были разработаны КРВД–2020, ряд национальных стандартов, проект ФЦП развития водолазного дела и его глубоководной компоненты в РФ и т. д. С 2010 г. такой организации нет. Поэтому решение МКВД от 16.02.2022 г. о рекомендации Минобороны России по определению НИИ С и ПТ ВУНЦ ВМФ «ВМА» головной научно-исследовательской и экспертной организацией в области водолазного дела и поисково-спасательного обеспечения морской деятельности России заслуживает не только всемерной поддержки, но и требует от МКВД подготовки соответствующего распоряжения Правительства РФ. До выхода такого распоряжения целесообразно установленным порядком внести соответствующее дополнение в Устав ВУНЦ ВМФ «ВМА», утверждаемый министром обороны России.

3. Совершенствование системы сертификации средств для выполнения подводно-технических и водолазных работ.

Восстановление органа и испытательной лаборатории по сертификации технических средств для выполнения поисковых, аварийно-спасательных, водолазных и глубоководных работ должно стать приоритетной задачей.

В соответствии с [3, 5, 7, 9] МКВД МК при Правительстве РФ как координирующему органу, согласующему действия ФОИВ при решении задач в области развития и совершенствования водолазного необходимо:

- организовать восстановление органа и испытательных лабораторий по добровольной сертификации технических средств для выполнения поисковых, аварийно-спасательных, водолазных и глубоководных работ в системе МЧС России или в системе «Военный Регистр»;
- подготовить и направить предложения по включению требуемых видов ВТ в Единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации;
- определить исполнителя по разработке проекта технического регламента «Требования к средствам при выполнении подводно-технических и водолазных работ».

Реализация принципов добровольной и обязательной сертификации ВТ позволит повысить ответственность ее производителей, разработчиков национальных стандартов, а также сотрудников сертификационных органов и испытательных лабораторий за качество создаваемой техники.

4. Повышение уровня и качества стандартизации средств для выполнения водолазных работ.

На различных форумах можно встретить противоречивые и необоснованные суждения о стандартизации ВТ:

- об отсутствии, устаревании и недостаточном качестве действующих национальных стандартов, не позволяющих реализовывать передовые инновационные решения;

- о скорейшем и наиболее широком внедрении международных стандартов;
- провозглашение национальных стандартов барьерами для проникновения иностранной техники на отечественные рынки;

Основанием для учета инновационных технических решений в проектах национальных стандартов является ст. 17 [2], в которой сказано, что эти стандарты разрабатываются на основе результатов научных исследований (испытаний) и измерений и приобремененного практического опыта применения новых видов продукции, процессов и технологий. При невыполнении этого требования совершенно обоснованно возникают претензии к дефектам новой ВТ, выявленные в процессе ее эксплуатации. Поэтому суждениями о несовершенстве национальных стандартов, «препятствующих внедрению передовых инноваций», некоторые разработчики ВТ пытаются как-то оправдать-

ся за выявленные существенные недостатки ВТ. Есть вопрос и к заказчикам ВТ, которые согласно ст. 33 ФЗ-44 [10], должны при описании в документации о закупке объекта закупки руководствоваться следующим положением: «... использование при составлении описания объекта закупки документами, разрабатываемыми и применяемыми в национальной системе стандартизации, принятыми в соответствии с законодательством РФ о стандартизации...». Говоря иными словами, в ТЗ на закупаемое изделие должен быть указан действующий национальный стандарт, которому он должен соответствовать. Стандарт предприятия и технические условия на образцы ВТ согласно дополнению к [2] (дополнение действует с 1.07.2021 г.) могут быть зарегистрированы в установленном порядке в Федеральном информационном фонде стандартов только на основании заключений по результатам экспертизы соответствующих технических комитетов по стандартизации.

Нельзя также не отметить, что ТК416 неоднократно отклонялись представленные ТК023 «Нефтяная и газовая промышленность» проекты предварительных национальных стандартов «Оборудование для подводных погружений», «Водолазные системы» и др., представляющие собой некорректное копирование устаревших международных стандартов.

Шаблонные подходы к оценке и копированию мирового опыта наносят большой вред стране, а недостаточно подготовленные в водолазной технике инженеры, также опасны для общества, как и малоквалифицированные врачи.

В заключение следует отметить:

1. Принятие Концепции развития водолазного дела РФ до 2030 г. является необходимым, но, как показывает опыт выполнения Концепции развития водолазного дела РФ до 2020 г., недостаточным условием как для развития водолазного дела в стране в целом, так и для создания технических средств для проведения подводных технических и водолазных работ.

2. Повышение уровня стандартизации и совершенствование системы сертификации технических средств для проведения подводных технических и водолазных работ должны быть составными частями межведомственной программы развития водолазного дела, разработанной на основе соответствующей единой технической политики.

3. Необходима более активная позиция членов МКВД МК при Правительстве РФ по формированию предложений в программу национальной стандартизации в части обновления и разработки национальных стандар-

тов водолазной техники, а также предложений по созданию сертификационного органа и испытательной лаборатории средств для проведения подводных технических и водолазных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития водолазного дела до 2020 г. 05.04.2022).
2. ФЗ «О стандартизации в РФ» (№ 162-ФЗ от 29.06.2015 г.) – [Elektronnyj resurs]: URL: <https://fzrf.su/zakon/o-standartizacii-162-fz/> (Data obrashcheniya 05.04.2022).
3. ФЗ «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.) – [Elektronnyj resurs]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/\(Data obrashcheniya 05.04.2022\)](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/(Data obrashcheniya 05.04.2022)).
4. Постановление Правительства РФ № 1567 от 30.12.2016 г. «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции по государственному оборонному заказу» – [Elektronnyj resurs]: URL: <https://proinfosoft.ru/news/2017/january/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-30.12.2016-n-1567> (Data obrashcheniya 05.04.2022).
5. Постановление Правительства РФ № 2425 от 23.12.2021 г. «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия» [Elektronnyj resurs]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/727708039> (Data obrashcheniya 05.04.2022).
6. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (ТР ТС 032/2013) – [Elektronnyj resurs]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/499031170> (Data obrashcheniya 05.04.2022).
7. Постановление Правительства РФ от 09.03.2022 № 320 «Об утверждении критериев аккредитации органов по сертификации продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, испытательных лабораторий (центров) и органов по сертификации систем менеджмента качества и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» – [Elektronnyj resurs]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/728462428> (Data obrashcheniya 5.04.2022).
8. Технический комитет по стандартизации ТК416 «Гипербарическая техника» – [Elektronnyj resurs]: URL: [http://ntokrylova.ru/\(Data obrashcheniya 05.04.2022\)](http://ntokrylova.ru/(Data obrashcheniya 05.04.2022)).
9. ГОСТ Р 53603–2020 «Оценка соответствия. Схемы сертификации продукции в РФ» – [Elektronnyj resurs]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175061> (Data obrashcheniya 05.04.2022).
10. ФЗ-44 «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (№44-ФЗ от 5.04.2013) – [Elektronnyj resurs]: URL: [http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_144624/\(Data obrashcheniya 05.04.2022\)](http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_144624/(Data obrashcheniya 05.04.2022)). ■

1. ТРАНСПОРТНАЯ ПРОБЛЕМА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕЕ РЕШЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Освоение Мирового океана и морских ресурсов становится приоритетным направлением мирового развития в XXI в. Поэтому основой национальной политики ведущих морских держав в эпоху развития глобализации является целенаправленная хозяйственно-экономическая морская деятельность.

Большая часть территории Арктической зоны РФ (АЗРФ) остается недоступной по причинам громадных просторов, наличия ледового покрова морей, шельфового характера архипелагов, низкой плотности поселений, и ни Северный морской путь, ни другие судоходные маршруты не облегчают решение возникающей проблемы. Эта часть территории ныне не обеспечена никакими видами транспорта, кроме авиационного.

В условиях сложности применения надводного транспорта, даже в сопровождении ледокольного флота, неизбежно возникает вопрос о целесообразности использования подводных обитаемых и необитаемых, то есть робототехнических, транспортных средств. Перспективность такой постановки вопроса очевидна, тем более что наблюдается все ускоряющееся развитие подводной робототехники, приобретающее доминантный характер.

Необходимость освоения районов Крайнего Севера и Дальнего Востока, а также наличие в них и вблизи них замерзающих неарктических морей, в которых расположены крупные промышленные и экономические центры, делают развитие подводной транспортной системы и транспортного обеспечения всей арктической инфраструктуры масштабной задачей.

2. КОМПОНЕНТЫ АРКТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Единая арктическая транспортная система закономерно представляет собой органически связанные между собой такие компоненты, как морские транспортные коммуникации, подводные транспортные средства, сетевые транспортные структуры связи и управления. В целях настоящего и будущего развития Арктики как области хозяйственно-экономической и оборонной деятельности государства становится актуальным придание этим компонентам приоритетной роли.

1. В части морских судовых транспортных коммуникаций ныне в ос-

ПОДВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Д. А. Скороходов, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник
Института проблем транспорта РАН,*

*В. И. Комашинский, д-р техн. наук, советник ген. директора ЗАО
«Институт телекоммуникаций»,*

В. И. Поленин, д-р техн. наук, проф.,

С. В. Бобрышев, канд. техн. наук, докторант,

ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,

*контакт. тел. (812) 323 2954, +7 (952) 207 7070, +7 (921) 348 8512,
+7 (911) 152 1564*

новном развивается инфраструктура Севморпути с меридиональными ответвлениями в устья сибирских рек. Вне Севморпути российская экономика оказалась перед долговременными системными вызовами, для своего разрешения требующими нетрадиционных подходов. Так, значительная часть побережья континента и архипелагов принципиально недоступна для создания судовых транспортных коммуникаций, которые вынужденно замещаются подводными трубопроводными транспортными коммуникациями. По аналогичным причинам недоступно создание и воздушных транспортных коммуникаций. Остается путь использования подводной среды.

2. Развитие традиционного морского, в том числе ледокольного, транспорта связано с большими затратами и практически непреодолимым доступом в районы с постоянным ледовым покровом [9]. Неизбежно возникает вопрос о необходимости развития и применения подводного транспорта.

В силу таких факторов, как множество архипелагов в составе Арктической зоны России, преимущественно мелководный характер прибрежных районов моря, решение проблемы транспортного обеспечения с помощью атомных подводных лодок возможно только частично.

3. Сетевые информационные структуры связи и управления, необходимость приоритетного развития которых объясняется пространственными масштабами и разобщенностью хозяйственных, служебных и жилых центров, обусловленной сложностью создания и использования коммуникаций в условиях АЗРФ. Это обстоятельство диктует необходимость постоянного наращивания сети силовых и информационных кабелей. В условиях обширного и постоянного ледового покрова и затруднений в использовании традиционного транспорта выполнение ряда этих задач вполне может быть осуществлено средствами подводной робототехники.

3. ТИПОРЯД НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Независимость НПА от природно-климатических условий и возможность автономной работы в течение длительного времени позволяют использовать их для выполнения ряда задач именно в АЗРФ [8]. Телеуправляемые подводные аппараты (ТНПА) могут применяться только в навигационный период и в непосредственной близости к управляющему органу.

Малые НПА нужны для выполнения ряда задач в локальных районах, прилежащих к островным образованиям и архипелагам, в районах, ограниченных мелководьем континентального шельфа.

За последнее десятилетие НПА этого класса успешно демонстрируют свою эффективность при выполнении подводнотехнических работ в различных экстремальных условиях [2]. Независимость НПА от природно-климатических условий и возможность автономной работы в течение длительного времени позволяют использовать их на всех этапах разведки, обустройства, эксплуатации, ликвидации и консервации месторождений, а также для круглогодичного мониторинга всей Арктической зоны, картографирования дна Мирового океана и др.

В процессе работы НПА осуществляют сбор информации, проводят инспекцию подводных сооружений и коммуникаций, которая включает распознавание отклонений от эталонных и (или) заданных изображений, экологический мониторинг в районе месторождения, топографическую, фото- и видеосъемку морского дна, акустическое профилирование, картографирование рельефа, обслуживание систем освещения, прокладку и обследование трубопроводов и кабелей, замену деталей подводного оборудования и др.

В области создания и применения беспилотной робототехники ряд лидирующих российских компаний имеют оснаждающие результаты. В настоящее время сразу несколько из них рабо-

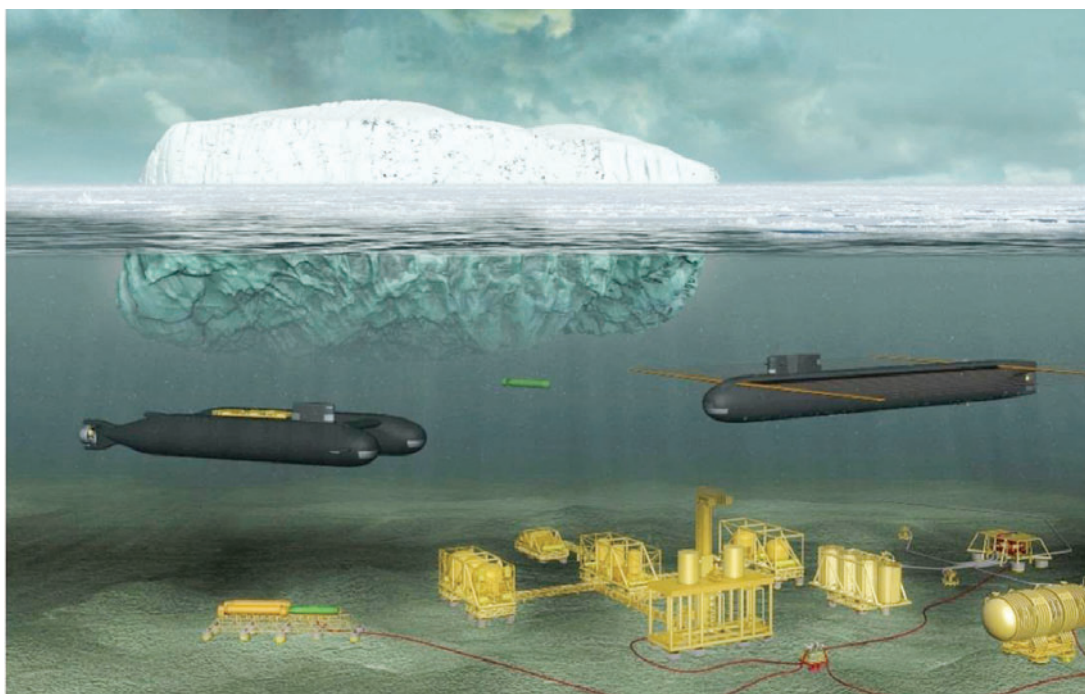


Рис. 1. Подводные лодки гражданского назначения катамаранного и традиционного исполнения в Арктике

тают над созданием полностью автоматизированных подводных аппаратов для использования в Арктике (ИПМТ ДВО РАН, АО «ЦКБ МТ «Рубин», АО «НПП ПТ «Океанос» и др.). Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН в течение длительного времени проводит успешную научную работу по мониторингу газогеохимических полей в Тихоокеанском регионе, включая и арктические широты [2]. Основными разработками АО «НПП ТП «Океанос» для Арктического региона являются АНПА с преимущественно гидродинамическими принципами движения (глайдеры) [5].

Однако арктические ледовые условия на шельфе площадью порядка 1 млн. км² диктуют необходимость создания и применения по принципу НПА и крупнотоннажных магистральных подводных транспортных средств.

Так, ЦКБ «Лазурит» по заказу Фонда перспективных исследований (ФПИ) планирует разработать АНПА «Сарма» в нескольких модификациях водоизмещением от 21 до 50 т [7]. Для АНПА «Сарма» будут разрабатываться различные модули полезной нагрузки с различными функциями, которые смогут «прибавлять» к беспилотнику до 2 м длины и 2 т веса.

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ АВТОНОМНОСТИ И ДАЛЬНОСТИ ПЛАВАНИЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Ключевой проблемой для тяжелых транспортных АНПА, обеспечивающих выполнение логистических задач на тысячемильных морских маршрутах в АЗРФ, является достижение соответ-

ствующих дальностей хода (плавания). Современные АНПА, оснащенные системами электродвижения с аккумуляторными батареями, имеют дальности в десятки километров. В перспективе очевидным путем разрешения этой проблемы может стать оснащение АНПА электрической энергосиловой установкой (ЭСУ) с применением топливных элементов [5]. Так, АНПА типа «Сарма» будет способен автономно выполнять поставленные задачи в течение трех месяцев и преодолевать расстояния более 8000 км.

Совместный проект ФПИ и АО «ЦКБ «Лазурит» предусматривает создание лаборатории по развитию отечественных технологий в интересах значительного увеличения автономности и дальности плавания АНПА [9]. В рамках комплексного проекта «Сарма-Д» лаборатория планирует разработать аппарат с воздухомнезависимой энергетической установкой, которая позволит автономно выполнять задачи подо льдами Арктики в течение нескольких месяцев, в частности, обеспечивать безопасность плавания по Северному морскому пути и проводить сейсморазведку. На первом этапе работ аппарат будет оснащен энергоемкой литий-ионной аккумуляторной батареей, в последующем предполагается использовать гибридную энергоустановку на базе современных образцов электрохимических генераторов и криогенной системы хранения энергокомпонентов.

Наконец, радикальным путем решения проблем дальности, грузоподъемности, универсальности при выполнении транспортных и производственных задач является создание подводных лодок по образу и подобию атомных ПЛ ВМФ.

ФПИ совместно с АО «ЦКБ МТ «Рубин» реализует ряд проектов («Айсберг» и др.), ориентированных на дальнюю перспективу [9]. Проект также предусматривает создание двух обитаемых гражданских атомных подводных лодок (рис. 1).

Одна из этих ПЛ – подводный транспортно-монтажный и сервисный комплекс (доставка, монтаж/демонтаж и обслуживание) представляет собой подводную лодку гражданского назначения катамаранного исполнения, вторая подводное судно сейсморазведки (также может выполнять функции мониторинга подводной среды).

Полное подводное водоизмещение обеих подводных лодок – 14–17 тыс. т, глубина погружения – до 400 м, автономность – до 90 суток, экипаж – до 40 человек. Могут эксплуатироваться как в зоне круглогодичных льдов, так и во внеледовой зоне, действуя независимо от состояния моря.

Кроме того, наряду с оснащением АНПА перспективной энергоемкой ЭСУ, обеспечивается возможность неограниченного увеличения их дальности плавания и автономности путем создания принципиально нового класса так называемых интервенционных АНПА [4]. Подобные АНПА в условиях АЗРФ должны рассматриваться как резидентные, способные долгое время без участия оператора выполнять поставленную задачу из разветвленной номенклатуры специальных задач, в том числе с применением сменного оборудования полезной нагрузки [4, 8] (рис. 2).

Группа АНПА, формируемая для выполнения транспортных и специальных задач, носит название гетерогенной мультиагентной системы [4].

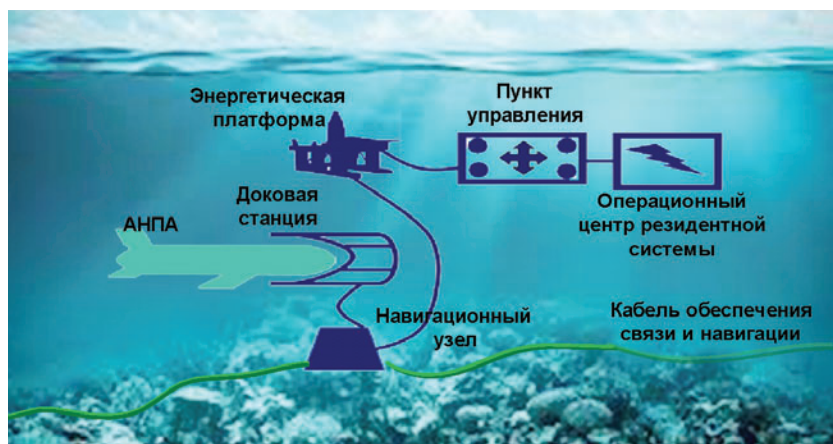


Рис. 2. Резидентная система применения интервенционных АНПА

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И ТРУБОПРОВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В КАЧЕСТВЕ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Каким бы совершенным ни было навигационное оборудование акватории и инерциальная навигационная система АНПА, фактор риска утраты требуемой точности знания его местоположения, особенно в Арктике, есть всегда.

С учетом новизны подводного базирования и выполнения транспортных и иных задач НПА в условиях наличия ледового покрова и архипелажного характера островных образований в АЗРФ возникает идея использования в целях навигации системы кабелей и трубопроводов, проложенных по дну арктических морей, а именно движения АНПА вдоль направлений кабелей и трубопроводов с использованием их в качестве ориентира.

Известны устройства для дистанционного обнаружения положения и направления трубопроводов и кабелей, расположенных под землей и на дне водоемов. Это так называемые трассоискатели или построенные по сходному принципу, но носящие разные названия: георадар [3], кабельный локатор, кабелеискатель, трассоискатель и т. д. С их помощью могут быть трассированы любые трубопроводы и кабели, вплоть до волоконно-оптических, особенно если они имеют металлический трос или оплетку.

Подводные оптические кабели, как правило, бронированы, а степень бронирования уже зависит от рельефа дна и глубины залегания [6]. Армирование защищает оптику не от высоких давлений на глубине, а от деятельности морских обитателей, а также сетей, тралов и якорей рыболовецких судов.

Ведущим предприятием РФ, обладающим научно-техническим заделом в этой области, производящим и успешно использующим трассоискатели, является научно-производственное предпри-

ятие «Форт XXI» [6]. Выпускаемые им трассоискатели АМК «СКАТ» в полном комплекте или отдельные его модули используются рядом организаций (общим числом более трех десятков), выполняющих подводно-технические работы [1]. Это обуславливает надежность прогноза применимости трассоискателя даже в серийном исполнении для целей навигации НПА.

Принцип работы трассоискателя основан на измерении двух компонент электромагнитного поля, создаваемого либо генератором, либо токами, протекающими по обследуемым кабелям и трубопроводам (рис. 3).

АМК «СКАТ» регистрирует сигнал от подводного кабеля или трубопровода на расстояниях от 1 до 30 м. Точность определения расстояния до кабеля или трубопровода составляет $\pm 2\%$. Такая дальность обнаружения и наблюдения коммуникаций трассоискателями по вполне пригодна для маршрутной ориентации АНПА по трассе трубопроводов и кабелей.

Как правило, одновременно с электромагнитными измерениями выполня-

ется эхолотный промер, который позволяет НПА-носителю трассоискателя, следовать по маршруту с отслеживанием профиля дна моря и регулированием расстояния до него в пределах от безопасной дистанции до дальности надежной регистрации сигнала от кабеля или трубопровода.

Малые массогабаритные характеристики и сравнительно большая дальность действия (десятки метров) трассопоисковой системы свидетельствуют возможность и целесообразность ее использования на АНПА в качестве навигационной системы, обеспечивающей маршрутное следование вдоль трассы трубопровода или кабеля, уложенного на дно водоема (рис. 4).

Задача точного выявления местоположения трассы трубопровода или кабеля решается путем зигзагообразного следования АНПА с регулярными пересечениями трассы трубопровода или кабеля при минимальных отклонениях от трассы, чем достигается ее максимальное спрямление.

Первоначально навигационная сеть будет ограничена действующей системой главным образом проводных кабельных коммуникаций. По мере развития нефтегазодобывающих предприятий, системы транспортировки углеводородов, предприятий промышленности и сопровождающей их урбанизации неизбежно покрытие всей территории АЗРФ, включая прилегающие моря, сетью проводных кабельных и оптоволоконных коммуникаций, а также трубопроводов различного назначения. Таким образом, уровень надежной кабельно-трубопроводной навигации НПА будет обеспечиваться естественным образом по мере комплексного развития АЗРФ.

Необходимость кабельных трасс для обеспечения навигации АНПА обуславливает и необходимость выполне-

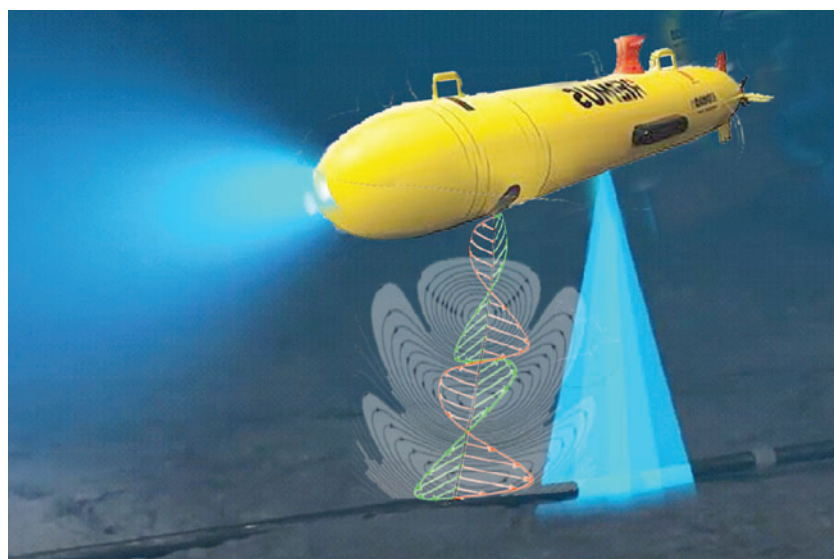


Рис. 3. Представление излучения НПА электромагнитного сигнала и возбуждения в кабеле трассы отраженного сигнала обратного рассеяния



Рис. 4. Схема маршрута 4 НПА вдоль кабеля 3, проложенного между пунктом отправления 1 и пунктом назначения 2

ния взаимосвязанной задачи прокладки легких оптоволоконных кабелей связи в арктических морях в условиях ледового покрова исключительно с применением АНПА-кабелеукладчиков. Взаимосвязь и взаимообусловленность этих задач также является естественной, что будет способствовать гармоничному развитию АЗРФ в целом.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целях развития транспорта в Арктике закономерно создание прежде всего морских транспортных коммуникаций, подводных робототехнических систем, а также сетевых информационных структур связи и управления, им должно быть отдано предпочтение.

Отсутствие полной связности сетевой системы коммуникаций в ледовых условиях Арктики свидетельствует о неполноценном, фрагментарном обеспечении системой коммуникаций инфраструктуры, которая сама при этом не мо-

жет достичь максимально необходимого обеспечения коммуникациями. Восполнение их нехватки возможно в первую очередь за счет применения НПА.

Радикальным путем решения проблемы дальности, грузоподъемности, универсальности при выполнении транспортных и производственных задач является создание гражданских подводных лодок по образу и подобию ПЛ ВМФ.

В условиях ледового покрова в целях навигации могут быть использованы системы кабелей и трубопроводов, проложенных по дну арктических морей, и организация движения АНПА вдоль них, выступающих в данном случае в качестве ориентира, с помощью трассоискателя и трубопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. АМК «СКАТ» для подводных переходов. НПП «Форт XXI». – М., 2006. – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fort21.ru/kompleksy/amk-skata-dlya-podvodnykh-perekhodov> (дата обращения: 05.11.2021).
2. Харченко Ю.А., Голядкина С.С. Кудрявцев И.А. АНПА для арктического шельфа // Neftegaz.RU. – 2021. – № 2.
3. Как найти кабель под землей. – [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrik.info/main/master/1186-kak-nayti-kabel-pod-zemley.html> (дата обращения: 05.11.2021).
4. Маевский А.М., Гайкович Б.А. Разработка легкого интервенционного автономного необитаемого подводного аппарата в целях использования в подводных резидентных системах. – Мат-лы XIV Всеросс. науч.-практ. конф. «Перспективные системы и задачи управления». – В сб. Применение РТК морского базирования. – Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ, 2019. – С. 91–105.
5. Морская робототехника: состояние, проблемы, пути развития / Минпромторг России, Фонд перспективных исследований. Департамент судостроительной промышленности и морской техники совместно с АО «ЦНИИ «Курс». – М., 2018. – 70 с.
6. Оптоволоконные. Как устроен оптоволоконный кабель // DieselStaff. – [Электронный ресурс]. URL: <https://m-gen.ru> (дата обращения: 05.11.2021).
7. Подводный беспилотник «Сарма» создается в модификациях водоизмещением от 21 до 50 тонн // Пресс-служба Фонда перспективных исследований. – [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/12417845> (дата обращения: 05.11.2021).
8. Резидентная робототехника. Первый в России автономный подводный необитаемый аппарат с манипулятором / АО «НПП ИТ «Океанос». – [Электронный ресурс] URL: https://oceanos.ru/resident_general (дата обращения: 05.11.2021).
9. Форсайт-исследование развития арктической шельфовой индустрии до 2030 года / Дальневосточный федеральный университет. Международный научно-образовательный центр «R&D центр «Арктика». – [Электронный ресурс]. URL: https://www.dvfu.ru/schools/engineering/structure/research-and-education-centers/international_scientific_educational_center_r_d_center_arktika (дата обращения: 05.11.2021). ■

Для крепления штабеля пакетированных пиломатериалов, являющихся сборным грузом, на судне требуются различные средства и механизмы. Самая простая «система» заключается в использовании определенного количества найтовов, перетянутых поперечно через весь штабель в нескольких местах и зафиксированных в специальных креплениях на палубе. Найтовы распределяются равномерно, чтобы обеспечить крепление во всех направлениях [1].

Разработка надежной схемы крепления найтовыми зависит от нескольких факторов:

- размера и веса груза, большой по размеру (объему), массе груз требует большего количества креплений. Кроме того, место на палубе, где закрепля-

ется груз, является важным фактором при выборе конфигурации крепления; сил, воздействующих на штабель (в зависимости от размера судна и условий маршрута транспортирования), представляющих собой со-

вокупность внешних сил, которые, в свою очередь, приводят к активизации внутренних сил;

- распределения нагрузки между используемыми найтовыми – еще один очень важный параметр. Нагрузка

должна быть равномерно распределена между креплениями во избежание риска их ослабления;

- защиты от скольжения. Как правило, сила трения внутри штабеля недостаточна для защиты от скольжения, и для увеличения трения используют найтовы. Крепеж должен обеспечивать достаточную степень защиты от скольжения;
- защиты от опрокидывания. Конструкция крепления должна также обеспечивать защиту груза от опрокидывания, когда судно находится в районе сильной качки.

Степень нагрузки, которую может выдержать найтов в заданной конфигурации крепления, зависит также от расположения найтова на грузе, его длины и углов между поверхностью палубы и найтовым относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей.

Для определения количества найтов следует принимать во внимание:

- силы натяжения и силы трения по каждой точке приложения. Соотношение разрушающих и компенсирующих сил для понимания достаточного количества креплений;
- получаемое значение силы натяжения по каждому найтову и максимальную крепежную нагрузку – это различные параметры, характеризующие найтовы с различной точки зрения, всегда результирующий параметр будет ниже расчетного;
- характер крепления – продольный или поперечный.

Считается, что сила натяжения в своих горизонтальных и вертикальных проекциях должна быть равна по модулю, но отличаться по направлению, тем не менее, данное утверждение не нашло практического подтверждения и крайне редко применяется в расчетах.

Проведем анализ ситуационных примеров крепления штабеля в зависимости от способа крепления – монолитом и поярусно. Оценку результатов расчетов сведем к получению соответствующего количества найтовов и определению их эффективности с учетом параметров сил и моментов, необходимых для сообщения энергии динамической системе груз–судно. Для расчетов воспользуемся справочными данными для теплохода типа «Мирный» [1, 2], также примем во внимание, что:

- используются одинаковые найтовы по заводским характеристикам и одинаковой схеме крепления – поперечное;
- силу тяжести примем для части штабеля размером длиной 6 м, шириной 12 м и высотой 3 м (три яруса); В расчетах также будем учитывать, что при поярусном креплении каждый предыдущий ярус крепится индивиду-

ально [3], т. е. будем принимать во внимание тот факт, что угол динамической устойчивости для второго и третьего яруса будет таким же, как и для первого, за счет стабильности закрепленного нижележащего яруса.

Для начала рассчитываем критерий несмещаемости, по данному критерию определим необходимость крепления найтовыми:

$$\lambda = Q_s / Q_{din}, \quad (1)$$

где Q_{din} – угол динамического крена при бортовой качке судна без хода лагом к резонансному волнению, $Q_{din} = f(h_0, \text{района плавания})$; h_0 – начальная метацентрическая высота судна с грузом, м; Q_s – угол динамической устойчивости груза, $Q_s = f(x, T, \text{района плавания})$; T – период бортовой качки судна с грузом, с.

от друга и на расстоянии 1,5 м от края, так как каждый поперечный ряд пакетов должен быть закреплен, как минимум, двумя поперечными найтовыми [2]. Таким образом, для поярусного крепления количество найтовов будет следующее:

$$n = 2 \times S, \quad (4)$$

а поскольку количество ярусов в штабеле $S = 3$, то

$$n = 2 \times 3 = 6 \text{ шт.}$$

Далее определим коэффициент запаса прочности

$$k = n \times Q_{разр} / Q.$$

При креплении штабеля монолитом

$$k = 6 \times 13,6 / 70,2 = 1,2,$$

при поярусном креплении

$$k = 6 \times 13,6 / 35,9 = 2,3.$$

Все полученные данные занесем в таблицу.

Таблица

Расчеты количества найтовов в зависимости от способа крепления

Вид крепления	Критерий несмещаемости λ	Прочность необходимого крепления Q , тс.	Количество найтовов n , шт.	Коэффициент запаса прочности k
Монолит	0,348	70,2	6	1,2
Поярусное	0,683	35,9	6	2,3

Критерий несмещаемости для крепления монолитом

$$\lambda = 10,7^\circ / 30,75^\circ = 0,348 \leq 1,$$

т. е. меньше 1, следовательно, необходимо крепление.

Критерий несмещаемости для поярусного крепления

$$\lambda = 21,1^\circ / 30,75^\circ = 0,686 \leq 1,$$

т. е. меньше 1, следовательно, также необходимо крепление.

Прочность необходимого крепления рассчитывается по формуле

$$Q = n \times p (\text{tg } Q_{din} - \text{tg } Q_s), \quad (2)$$

где n – число грузовых мест, нуждающихся в креплении; p – средняя масса грузового места, т.

Рассчитаем прочность необходимого крепления для монолитного штабеля:

$$Q = 36 \times 4,8 (\text{tg } 30,75^\circ - \text{tg } 10,7^\circ) = 172,8 (0,594 - 0,189) = 70,2 \text{ тс.}$$

Далее рассчитываем необходимую прочность для поярусного крепления (для трех ярусов вместе взятых):

$$Q = 36 \times 4,8 (\text{tg } 30,75^\circ - \text{tg } 21,1^\circ) = 172,8 (0,594 - 0,386) = 35,9 \text{ тс.}$$

При креплении стальными лесными найтовыми с разрывной нагрузкой $Q_{разр} = 13,6$ тс, рассчитаем необходимое минимальное количество найтовов:

$$n = Q / Q_{разр} \quad (3)$$

При креплении штабеля монолитом

$$n = 70,2 / 13,6 = 6 \text{ шт.};$$

при поярусном креплении

$$n = 35,9 / 13,6 = 3 \text{ шт.}$$

Поскольку мы рассматриваем штабель длиной 6 м и высотой до 4 м, что имеет под собой статистическое обоснование, полученное по результатам ознакомления с информацией о перевозимых грузах пиломатериалов, геометрически обосновано в данном случае будет расположить найтовы на расстоянии 3 м друг

Из таблицы видно, что критерий несмещаемости при поярусном креплении выше, а значит штабель меньше подвержен смещению. Прочность необходимого крепления для поярусного крепления значительно меньше, но, согласно правилам о минимально допустимом количестве найтовов, необходимо в данном случае использовать такое же количество найтовов, что и для крепления монолитом. Однако при этом коэффициент запаса для поярусного крепления составляет 2,3, а для крепления монолитом всего 1,2, т. е. при использовании одинакового количества найтовов при поярусном креплении коэффициент запаса прочности в два раза выше, чем при креплении монолитом.

Таким образом, с тем же количеством найтовов для одной и той же части штабеля, сменив только схему крепления, коэффициент запаса его прочности повышается практически в два раза. Также при поярусном креплении, согласно критерию несмещаемости, пакетированные пиломатериалы вдвое устойчивее к внешним воздействиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 31.11.21.01–97 Общие и специальные правила перевозки грузов (4-М). – Т. 2: Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов.
2. РД 31.11.21.16–2003. Правила безопасности морской перевозки грузов. – СПб.: ЦНИИМФ, 2003.
3. Пелехов Г. А. Проблемы расчетных моделей крепления пакетированных пиломатериалов при перевозке на открытой палубе судов // Морской вестник. – 2021. – № 4 (80). ■

Первое состоявшееся правительственное решение по вопросам нового кораблестроения относится к 1926 г., когда в СССР завершилась военная реформа и были конкретно сформулированы задачи Вооруженных сил государства. Утвержденная Постановлением Совета Труда и Оборона (СТО) СССР от 26 ноября 1926 г. шестилетняя программа военного судостроения (1926–1932) общей стоимостью 117,9 млн рублей предусматривала строительство подводных лодок (31% ассигнований на новое кораблестроение), сторожевых кораблей (16%) и торпедных катеров (5%).¹ О тогдашних приоритетах государства говорит тот факт, что годом ранее постановлением СТО СССР от 14 августа 1925 г. была утверждена и начала реализовываться программа морского транспортного судостроения, стоимость которой превышала 200 млн рублей.²

Приказом Революционного Военного Совета СССР № 390 от 22 июля 1926 г. Управление Военно-морских сил СССР преобразовали в Управление Морских сил РККА. Вместо Штаба РККФ, функции которого передали 2-му отделу штаба РККА, было создано учебно-строевое управление Морских сил. На должность начальника Морских сил РККА был назначен Р.А. Муклевич. Ему непосредственно подчиняются техническое (2-е) Управление и Научно-технический комитет Морских сил (НТКМ).

Процесс создания боевых кораблей регламентировался «Положением о порядке составления и утверждения проектов кораблей, отдельных устройств и механизмов и капитального переустройства (модернизации)»³, введенным в действие приказом по ВМС РККА 31 марта 1927 г. На основе заданий учебно-строевого управления НТКМ разрабатывался эскизный проект корабля, который вместе с оперативным заданием утверждался начальником Морских сил РККА. Основными результатами деятельности НТКМ стали проекты подводных лодок трех серий (типов «Декабрист», «Ленинец» и «Щука»), сторожевых кораблей (проекты 2 и 39) и лидеров эсминцев (проекты 1 и 38), а также первые образцы морского подводного оружия.

В июле 1930 г. начальник Морских сил РККА Р.А. Муклевич обратился к наркому по военным и морским делам К.Е. Ворошилову с докладом о необходимости создания института военного кораблестроения.⁴ Несмотря на то, что в гражданском секторе судостроения уже функционировали научно-иссле-

¹ РГА ВМФ. Ф.Р-360. Оп.2. Д.78. Л.192–199.

² Яковлев И.И. Корабли и верфи. – Л.: Судостроение, 1970. С. 290.

³ РГА ВМФ. Ф. Р-360. Оп. 2. Д. 3 Л. 250–255.

⁴ Там же. Д. 297. Л. 270 об.

К 90-ЛЕТИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ И ОРУЖИЯ ВМФ

О.В. Третьяков, д-р техн. наук, капитан 1 ранга,
начальник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,
контакт. тел. (812)



Лидер эскадренных миноносцев «Ленинград» пр. 1

тельские организации⁵, предложение о создании межведомственного НИИ кораблестроения командование РККА посчитало преждевременными, поскольку в СССР планировалось преобразование органов военного управления.

Решение о создании НИИ военного кораблестроения Революционный Военный Совет (Реввоенсовет) СССР принял 28 апреля 1931 г., а 23 мая вышло постановление «О работе Научно-технического комитета Управления ВМС», обязывавшее начальника штаба РККА совместно с начальником ВМС провести реорганизацию НТКМ, фактически уже неработоспособного вследствие политических репрессий его руководящих сотрудников.



Средняя подводная лодка типа «Щ» III серии

В декабре 1931 г. начальник опытового бассейна ВМС Н.В. Алякринский

⁵ В системе Наркомата путей сообщения СССР приказом № 767 от 26 марта 1929 г. был создан НИИ судостроения и ремонта. Приказом НКПС № 1692 от 6 августа 1930 г. его разделили на ЦНИИ морского транспорта, ЦНИИ речного транспорта НКПС и НИИ судостроения и стандартов (по постановлению Совета Народных Комиссаров СССР № 87 от 26 мая 1937 г. вошел в состав ЦНИИ-45 (ныне – «Крыловский ГИИ»)).

докладовал руководству: «...Реконструкция Морских сил РККА, развернутая в 1931–1932 гг. исключительно быстрыми темпами, <...> отразилась на деятельности НТК УВМС в первую очередь в разворачивании эскизного проектирования кораблей. <...> Одной из крупных причин неудовлетворительности проектирования, производившегося в НТК, явилось отсутствие развернутой научно-исследовательской работы, что было отмечено в постановлении РВС Союза о деятельности НТКМ от 23 мая 1931 г. <...> При отсутствии опыта постройки кораблей у нас в проектировании совершался ряд ошибок, в результате чего требования РВС к кораблям не выполнялись и не выполняются; корабли

технически отстают от иностранных, характеристики построенных кораблей отличаются от заданных и т.п. Проектирование, не питавшееся научно-исследовательской работой, опиралось исключительно на журнальные сведения, работу отдельных лиц и по качеству стояло низко...»⁶

В январе 1932 г. командование РККА констатировало необходимость скорей-

⁶ РГА ВМФ. Ф.Р-441. Оп.16. Д.87. Л.61.



Заседание Реввоенсовета СССР, 1931 г.

шего создания «научно-совещательных и исследовательских органов», но лишь через девять месяцев, 2 сентября, нарком К.Е. Ворошилов по представлению нового начальника Морских сил РККА В.М. Орлова утвердил новые штаты Управления ВМС РККА. Его приказом №094 от 3 сентября 1932 г. «Об объявлении штатов УВМС РККА и научно-исследовательских институтов ВМС и о переходе на новую организацию» путем реорганизации Научно-технического комитета УВМС РККА создавались четыре специализированных научно-исследовательских института, в том числе НИИ военного кораблестроения (НИИВК).

Структурно НИИВК, руководителем которого назначили инженер-флагмана 2 ранга Н.В. Алякринского, состоял из трех отделов: кораблестроительного с четырьмя секциями – проектирования подводных лодок, надводных кораблей, мореходных качеств корабля и прочности корпуса; механико-электрического с секциями паровых машин, двигателей внутреннего сгорания, корабельной электротехники, гидравлики и живучести, а также отдела технических материалов. Ведущая роль принадлежала кораблестроительному отделу. Штатная численность НИИВК в 1934 г. составляла 534 сотрудника, в том числе 53 военнослужащих.



**Начальник НИИВК
Н.В. Алякринский, 1935 г.**

Принятым Советом Труда и Оборона СССР 11 июля 1933 г. Постановлением «О программе военно-морского строительства на 1933–1938 гг.» задавалась постройка пятисот надводных кораблей и катеров, включая восемь крейсеров, 50 эсминцев и модернизацию двух линейных кораблей и 369 подводных лодок.⁷ Для выполнения этой задачи руководство государства обратилось к иностранной технической помощи (с этой целью в 1928–1930 гг. в Германию, Италию и Францию были командированы военно-морские специалисты).

Решение Правительства СССР о создании «Большого флота», принятое в 1935 г. без адекватного грандиозности планов военно-технического и военно-экономического обоснования и, главное, без постановки перед флотом конкретных задач, оказалось серьезнейшим испытанием для командования ВМС и руководства оборонной промышленности. Командование ВМС оказалось перед необходимостью срочного обоснования тактико-технических элементов будущих линейных кораблей, которые по идеологическим соображениям ранее официально игнорировались и поэтому не являлись приоритетным направлением исследований НИИВК. Однако в качестве исходной информации для тактико-технического задания (ТТЗ) на проектирование принимались результаты инициативных предэскизных проработок НИИВК. Самостоятельная «политика» Управления вооружения ВМС РККА и подчиненного ему Артиллерийского научно-исследовательского морского института, а также отсутствие специалистов по артиллерийскому вооружению в НИИВК привели к конфликтам в процессе выработки ТТЗ на проектирование линкоров и тяжелых крейсеров. В результате эти задания неоднократно пересматривались, что дезорганизовывало развернутые опытно-конструкторские работы и осуществлявшиеся мероприятия по реконструкции производственных мощностей.

⁷ РГАЭ. Ф.8183. Оп.2. Д.7. Л.25–102.

В августе 1936 г. для наблюдения за проектированием линейных кораблей был учрежден специальный аппарат наблюдения с назначением главных наблюдателей от ВМС и введено в действие «Положение о взаимоотношениях наблюдения УМС РККА и конструкторских бюро Главморпрома». Оно было утверждено начальником ВМС В.М. Орловым и руководителем главного управления морской промышленности наркомата оборонной промышленности Р.А. Муклевичем.

Приказом начальника Морских сил РККА от 21 января 1937 г. «в целях повышения оперативности наблюдения и усиления руководством проектирования новых кораблей, своевременного разрешения технических вопросов, возникающих в процессе постройки головных кораблей, а также проведения их приемных испытаний» общее руководство деятельностью флотских НИИ возлагалось на начальника НИИВК.

Аресты руководителей Института (начальника Н.В. Алякринского, его заместителей Г.Д. Ляхова и Р.М. Бомзе⁸, начальника отдела «А» Е.П. Либеля) и многих ведущих специалистов с последовавшими поисками «вредительства» в их деятельности отрицательно повлияли на работу НИИВК, руководство которым 3 сентября 1937 г. принял инженер-флагман 2 ранга К.Л. Григайтис, а конфликтные отношения между командованием ВМФ и руководством наркомата судостроительной промышленности достигли апогея. Все это привело государственное руководство к радикальному решению – передаче НИИВК вместе со всем кадровым составом и техническим архивом по Постановлению Комитета обороны СССР № 87сс от 26 мая 1938 г. в систему наркомата оборонной, а затем – судостроительной промышленности, что означало отстранение ВМФ от процесса обоснования технического облика боевых кораблей и начальных этапов проектирования. Тем не менее «завершение работ к 1938 г. научно-технической документации, необходимой для своевременного осуществления очередной программы кораблестроения», было большой заслугой НИИВК. Вследствие передачи Института «в другое ведомс-

⁸ Р.М. Бомзе (1889–1938), в 1937 г. являвшийся заместителем начальника НИИВК по проектированию, был арестован в Москве как «участник антисоветского военно-фашистского заговора» в июле 1937 г. Выездной сессией Военной коллегии Верховного суда СССР в Ленинграде 22 февраля 1938 г. приговорен по ст. 58-16-8-11 УК РСФСР вместе с Н.В. Алякринским к высшей мере наказания, оба расстреляны в тот же день. Реабилитированы посмертно в январе 1956 и в июне 1957 г. [Следственное дело № 24234 // Центр. архив ВЧК-ОГПУ-НКВД. П-23672]

тво» пришлось в июле 1938 г. создать «взамен его более скромную по силам, задачам и средствам организацию в виде Научно-технического комитета наркомата ВМФ»⁹. Функции НТК при этом фактически ограничивались наблюдением за проектированием кораблей конструкторскими бюро судостроительной промышленности. За управлением кораблестроения ВМФ остались лишь функции контроля и приемки выполняемых промышленностью работ.

Восстановление статуса ВМФ как генерального заказчика боевых кораблей, а также необходимость решения выявленных военным опытом серьезных технических проблем (недостаточная дальность плавания, мореходность, местная и общая прочность надводных кораблей, отсутствие амортизации механизмов, отсутствие защиты электрооборудования от помех радиоприему, высокая шумность и малая глубина погружения подводных лодок)¹⁰, требовавшая участия флотских ученых и выполнения комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, потребовала воссоздания Института военного кораблестроения.

В начале декабря 1945 г. народный комиссар ВМФ адмирал флота Н.Г. Кузнецов обратился к Сталину с просьбой вернуть ЦНИИ-45 в систему ВМФ, но получил отказ. 22 декабря 1945 г. нарком подписал указание № 00290 о реорганизации НТК ВМФ в Центральный научно-исследовательский институт военного кораблестроения (ЦНИИВК). «Положение о ЦНИИВК ВМС» главнокомандующий ВМС утвердил 29 ноября 1946 г.



Первый начальник ЦНИИВК инженер-контр-адмирал Н.В. Алексеев

пшее исследовательское проектирование надводных кораблей и подводных лодок по оперативно-тактическим заданиям Главного штаба ВМФ и предэскизное проектирование для обоснования тактико-технических заданий проектно-конструкторским организациям промышленности. КБ ЦНИИВК, возглавлявшееся инженер-подполковником Л.А. Гордоном, состояло из отделов тяжелых, средних, малых боевых и вспомогательных кораблей, подводных лодок, энергетических установок, корабельного электрооборудования и корабельных систем. В кораблестроительный научно-исследовательский отдел под руководством инженер-капитана 1 ранга Н.Н. Лесникова входили подразделения теории корабля (начальник – к.т.н. инже-

трофейных документов управления кораблестроения ВМС Германии.

Директивой Генерального штаба Вооруженных сил СССР № Орг/6/111813 от 10 июня 1949 г. ЦНИИВК было присвоено условное наименование «войсковая часть 27177». О внимании государственного руководства к строительству ВМФ свидетельствует принятое 15 октября 1949 г. Постановление Совета министров СССР «Об улучшении проектирования кораблей и о мерах помощи конструкторским бюро и научно-исследовательским институтам военного кораблестроения».

С назначением в апреле 1950 г. на должность начальника ЦНИИВК инженер-капитана 1 ранга Л.А. Коршунова были введены должности главных инженеров, в задачу которых входила выработка единой научно-технической политики в создании кораблей и их техники. Главным корабельным инженером в 1951 г. был назначен Н.Н. Лесников, главным инженер-механиком – И.Д. Дорофеев, главным инженером-электротехником – Б.И. Калганов. Главные инженеры функционировали до 1956 г, когда состоялись серьезные структурные преобразования Института в связи с сокращением Вооруженных сил СССР. Произошло не только уменьшение численности военнослужащих ЦНИИВК, но и необдуманное слияние с ним еще трех научно-исследовательских учреждений ВМФ с одновременным сокращением штатов всех четырех. Однако вскоре убедились и в несовместимости задач, и в ненужности слияния вообще¹¹...



Слева направо: А.К. Попов, Л.А. Гордон, Н.Н. Лесников, Ю.П. Потапов

Начальник ЦНИИВК инженер-контр-адмирал Н.В. Алексеев имел двух заместителей: по научно-исследовательской работе и по проектированию. Заместителем по НИР инженер-капитану 1 ранга Л.А. Коршунову с 1947 г. подчинялись научно-исследовательские отделы, заместителем по проектированию инженер-капитану 1 ранга А.К. Попову – конструкторское бюро, осуществляв-

нер-капитан 1 ранга Ю.П. Потапов), вооружения, а также механическое и электротехническое и отдел наблюдения за проектированием кораблей в проектно-конструкторских организациях в системе наркомата судостроительной промышленности под руководством капитана 1 ранга П.А. Волнухина. В штате Института имелось подразделение военно-морских медиков и отдел научно-технической информации (начальник – инженер-подполковник Г.А. Русецкий), задачей которого был перевод на русский язык

В сжатые сроки ЦНИИВК сумел выполнить огромный объем исследовательского проектирования для определения технического облика перспективных надводных кораблей и подводных лодок. В техническом архиве Института по сей день сохранились расчеты, пояснительные записки и чертежи предэскизных проектов надводных и подводных кораблей, положенные в основу как выданных промышленности тактико-технических заданий, так и оставшиеся

⁹ Коршунов Л.А. 70 лет службы на флоте и в военном кораблестроении. СПб., 1998. С. 139.

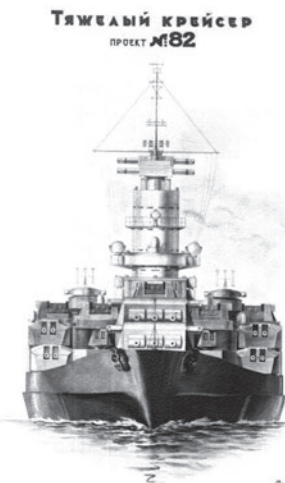
¹⁰ ЦВМА. Ф. 403. Д. 40304. Л. 128–139.

¹¹ Коршунов Л.А. С. 171.

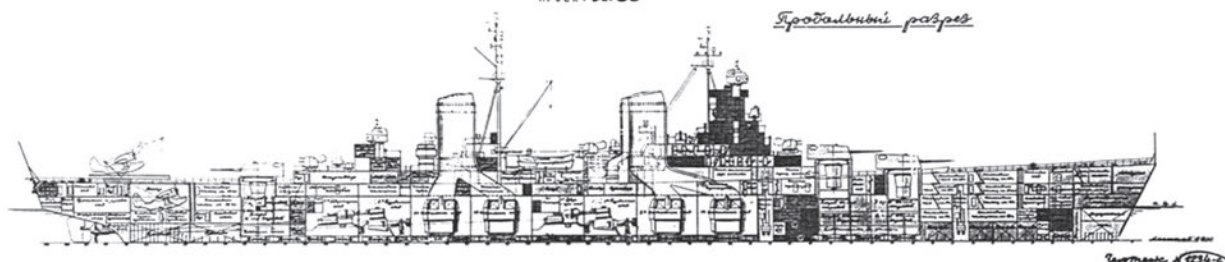
нереализованными вследствие отказа от дальнейшего проектирования.

Если прогрессивные нововведения в принципиальной технологии постройки боевых кораблей (цельносварные корпуса, крупносекционная сборка и организация поточного производства), необходимые для достижения количественных показателей кораблестроительной программы, осуществлялись при взаимном согласии командования ВМФ и руководства наркомата (с 1946 г. – министерства) судостроительной промышленности, то решимость флота не принимать к постройке морально устаревшие проекты столкнулась с жестким сопротивлением.¹²

КС
ЦНИИВК ВМС

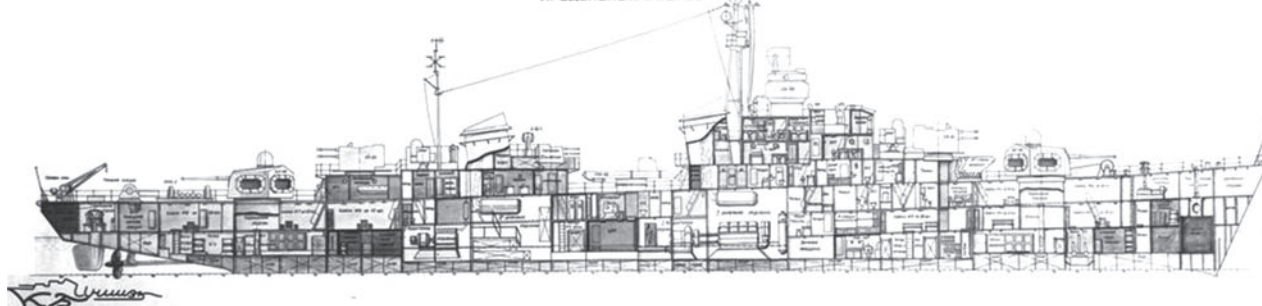


КРЕЙСЕР
ПРОЕКТ №65



Предэскизные проекты крейсеров пр. 82 и пр. 65

КОМБИНОВАННЫЙ СТОРОЖЕВОЙ КОРАБЛЬ
ПРОЕКТ 42
ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ



Предэскизный проект сторожевого корабля пр. 42 со 100-мм универсальной артиллерией

Стремясь исправить допущенные в предвоенные годы ошибки и воплотить в строящихся кораблях опыт закончившейся мировой войны, специалисты и руководство Института отстаивали необходимость вооружения утвержденных к строительству по десятилетней программе надводных кораблей универсальной артиллерией с радиолокационными системами управления, отказа от принятой в предвоенных проектах крейсеров (26, 26бис, 68) итальянской энергетики (турбины Belluzo) с переходом на повышенные параметры пара и унификацией главных турбозубчатых агрегатов для различных классов кораблей.

В выполненных КБ ЦНИИВК в нескольких вариантах предэскизных про-

ектах линейного корабля и крейсеров обосновывалась целесообразность применения газотурбинной энергетики. Для сторожевого корабля пр. 42 под руководством сотрудника ЦНИИВК инженер-капитана 1 ранга Г.И. Зотикова был спроектирован и изготовлен опытный образец газотурбинного двигателя.

ЦНИИВК как научный центр Министерства ВМС направлял научную деятельность четырех специализированных флотских НИИ. С созданием Института № 5 ВМС (эксплуатации кораблей ВМС)¹³ с дислокацией в Таллине, подчинявшегося Главному техническо-

¹³ Создан постановлением Совета министров СССР № 2724-1305сс от 30.07.1951. Приказом министра обороны СССР № 0110 от 03.06.1957 включен в состав 1-го ЦНИИ ВМФ на правах филиала. Приказом МО СССР № 0039 и ГК ВМФ № 00145 от 07.09.1960 филиал передислоцирован в Ленинград, став управлением эксплуатации кораблей 1-го ЦНИИ ВМФ.

му управлению ВМС, ЦНИИВК установил с ним постоянное взаимодействие. Однако, несмотря на требование ВМФ скорейшего освоения массового производства универсальных стабилизированных 100-мм и 130-мм артиллерийских установок, серийные эсминцы и сторожевые корабли вооружались довоенными образцами артиллерии¹⁴.

Продолжавшийся конфликт командования ВМФ с руководством судостроительной промышленности создал условия, в которых ее проектно-конструкторские организации безуспешно пытались уклоняться от исполнения научно обоснованных технических требований, а руководство МСП одержи-

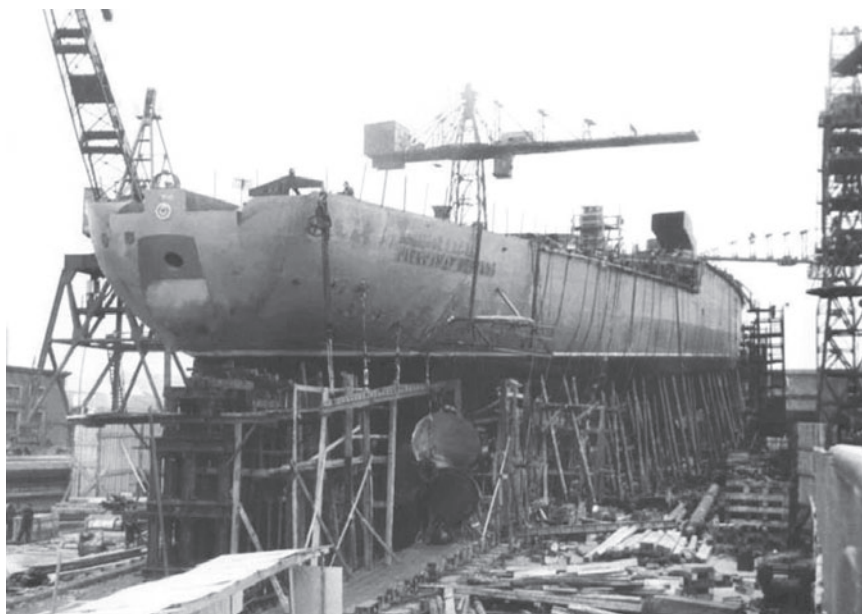
вало победы в аппаратной борьбе. Так, еще до начала испытаний головного эскадренного миноносца пр. 41, предлагавшегося ВМФ к крупносерийному строительству, корабль «наделили» серьезными недостатками, что давало основания для перехода к пр. 56 эсминца меньшего водоизмещения.¹⁵ Между тем в тактико-техническом задании на океанский эсминец пр. 41, разработанном под руководством инженер-капитана 1 ранга А.К. Попова в 1948 г., в полной мере удалось учесть наш собственный военный опыт и многие достижения

¹⁴ Эсминцы проекта 30бис – двухорудийной 130-мм АУ Б-2ЛМ для стрельбы по морским целям, спаренной 85-мм зенитной АУ 92-К и одностовальными 37-мм автоматами В-11. Сторожевые корабли проектов 42 и 50 – одноорудийной 100-мм Б-34УСМ.

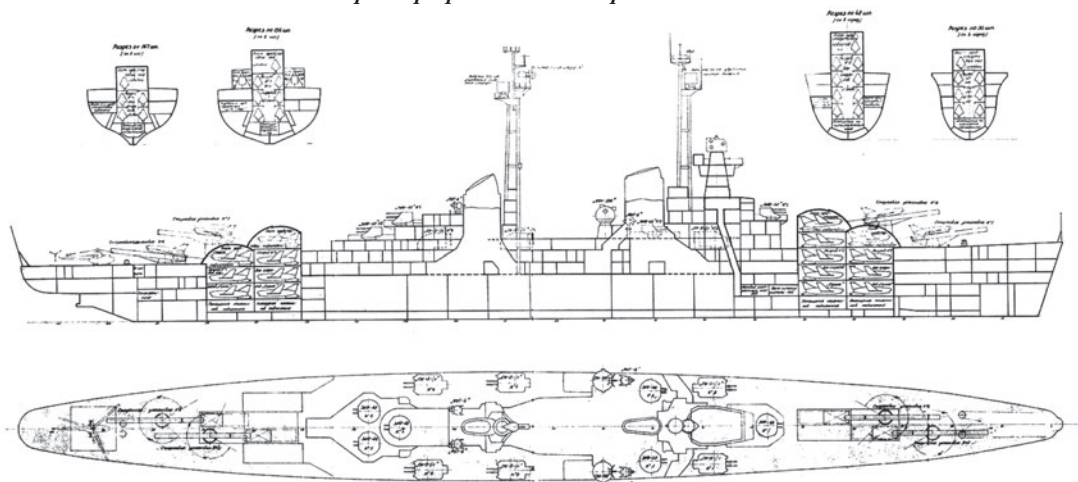
¹⁵ На строительстве кораблей по проекту 56 вместо проекта 41 настоял тогдашний министр судостроительной промышленности В.А. Малышев [Коршунов Л.А. 1998. С. 188].

зарубежного кораблестроения. В то же время предпринимались согласованные действия двух министерств, направленные на увеличение общей прочности и совершенствование технологических процессов постройки кораблей.¹⁶

После смены государственного руководства СССР в марте 1953 г. произошло директивное сокращение кораблестроительной программы, в частности, прекращение строительства тяжелых крейсеров пр. 82 с уничтожением имевшегося запаса, сокращение серии легких крейсеров пр. 68бис и пр. 68бис-ЗИФ, отказ от крупносерийного строительства перспективных кораблей охраны с универсальной артиллерией и увеличенной дальностью плавания. Несколько позже в связи переориентацией на ядерную энергетику были прекращены работы по скоростным подводным лодкам с парогазотурбинной энергетической установкой.



Крейсер пр. 68бис в постройке



Выполненная ЦНИИВК проработка вооружения крейсера пр. 68бис крылатыми ракетами «Стрела»

Определявший военно-техническую политику новый руководитель советского государства Н.С. Хрущев, основываясь на абсолютизации эффективности ракетного оружия и категорически не признавая перспективности надводных боевых кораблей, потребовал от командования флота коренного пересмотра проекта кораблестроительной программы с обязательным включением в нее вооруженных управляемыми ракетами кораблей. Понимая, что от «оперативности исполнения» этого категорического указания зависит дальнейшая судьба флота, назначенный главнокомандующим ВМФ адмирал С.Г. Горшков уделил особое внимание проектированию первых ракетных кораблей. Первое посещение Института новым главкомом состоялось 20 января 1956 г. В дальнейшем он бывал в «Гре-

надерских казармах» по три-четыре раза в год.¹⁷

Получив указания командования определить техническую возможность и оценить целесообразность перевооружения артиллерийских крейсеров противокорабельными авиационными самолетами-снарядами (так именовались тогда крылатые ракеты), специалисты ЦНИИВК выполнили проработку, подтвердив принципиальную возможность такого переоборудования, но высказали отрицательное мнение о его эффективности. Показательные стрельбы с выполненным в авральном порядке в 1955 г. переоборудованием крейсера «Адмирал Нахимов» стали достаточным основанием для сохранения принятых состав флота кораблей пр. 68бис, а малоэффективная «ракетизация» надводных кораблей продолжилась на кораблях подкласса эскадренный миноносец. Внедрение ударного ракетного оружия для поражения береговых целей началось на дизель-электрических, затем на атомных подводных лодках.

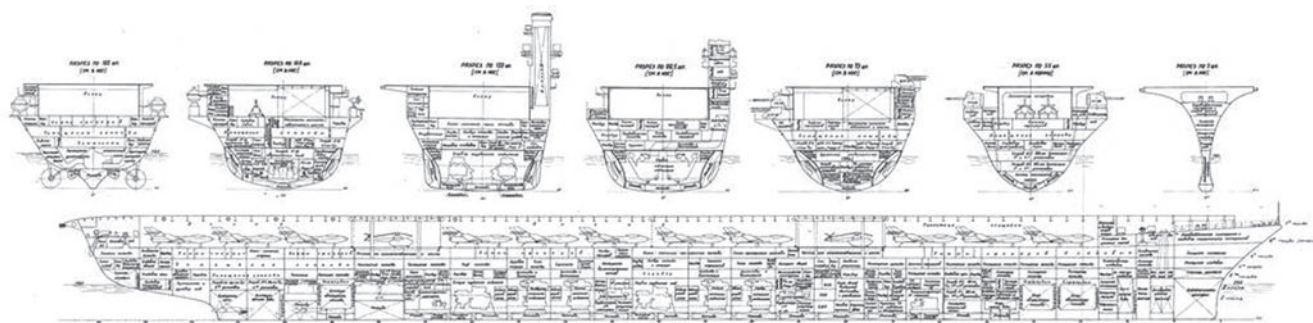
¹⁷ Коршунов Л.А. С. 179.

Несмотря на отрицательное отношение государственного руководства к перспективам строительства авианосцев и абсолютизацию возможностей ракетного оружия, специалисты ЦНИИВК доказывали его неэффективность на надводных кораблях без увеличения дальности стрельбы до 450–500 км и необходимость авиационного прикрытия палубной авиацией соединений надводных кораблей. Во исполнение директивы главнокомандующего 1-й ЦНИИ ВМФ, располагая результатами предэскизного проектирования легкого авианосца (пр. 85, 1955 г.), выполнил проектную проработку атомного ударного авианосца с использованием добытых военной разведкой документов по американскому авианосцу «Forrestal» с обычной энергетикой.

С принятием новой программы кораблестроения¹⁸ руководство Института выступило с инициативой его реоргани-

¹⁸ Постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР «О создании кораблей с новыми видами оружия и энергетических установок в 1956–1962 гг. и программе военного судостроения на 1956–1960 гг.» от 25 августа 1956 г.

¹⁶ Применение для несущих связей корпуса высокопрочной низколегированной свариваемой стали с пределом прочности 400 МПа. Внедрение для сварки блоков корпуса корабля кольцевого стыковочного шва (совместное решение министра ВМС и министра судпрома от 5 июня 1952 г.).



Предэскизный пр. 85 легкого авианосца, 1955 г.

зации, отвечающей проводившимся в Вооруженных силах СССР преобразованиям. Новую организационно-штатную структуру, не предусматривавшую увеличения штатной численности сотрудников Института, главнокомандующий ВМФ утвердил 5 августа 1957 г. Ее основу составили восемь научно-исследовательских управлений, созданных на базе конструкторских бюро надводных кораблей и подводных лодок, отделов наблюдения и научно-исследовательских отделов. Реформа предусматривала создание в составе управлений новых научных подразделений, например, атомных энергетических установок, обеспечения скрытности подводных лодок, военно-экономических исследований. Кроме научно-исследовательских управлений технического профиля, несколько позднее в Институте было сформировано новое управление, ведавшее вопросами радиационной и химической безопасности и обеспечения жизнедеятельности экипажей кораблей в условиях несения ими боевой службы. Его возглавил генерал-майор медицинской службы А.И. Зотов, ранее руководивший Военно-морской медицинской академией. Он имел двух заместителей: специалиста-химика генерал-майора Б.А. Чижевского и инженер-механика инженер-капитана 1 ранга Б.С. Мамаю.

Несмотря на осуществленное в начале 1960-х гг. существенное уменьшение штатной численности военнослужащих, проводившееся во время массового сокращения Вооруженных сил СССР, такая структура не только позволила сохранить эффективность плановой научной работы Института и выполнение функций наблюдения за проектированием кораблей в проектно-конструкторских организациях промышленности, но и оказалась оптимальной для расширения тематики исследований по мере появления требовавших решения новых научно-технических задач. На протяжении трех последующих десятилетий основу структуры Института составляли научно-исследовательские управления подводных лодок (1-е) и надводных кораблей (2-е), в которых неоднократно изменялось количество, штатная численность и специализация

отделов, но и последовательно развивались направления исследовательского проектирования и постоянно работали руководители групп наблюдения за проектированием кораблей и судов ВМФ (главные наблюдающие). Тематика исследований остальных управлений Института расширялась в соответствии с развитием технологий кораблестроения и прикладных наук.

В первой половине 1960-х гг. главным направлением работы Института являлось обеспечение проектирования ракетных и торпедных подводных лодок. Эта задача осложнялась неоднократным изменением правительственных решений по созданию комплексов баллистических ракет и необходимостью начала постройки кораблей еще до окончания испытаний ракетных комплексов.

Надводное кораблестроение в части ударных кораблей вследствие прямых указаний первого лица государства оказалось ограниченным, с одной стороны, безоговорочным принятием концепции мощных и крупногабаритных противокорабельных крылатых ракет разработчика-монополиста, а с другой стороны – верхним пределом водоизмещения корабля 4–5 тыс. т. Для «сохранения лица» после начатого по указанию Н.С. Хрущева в ЦКБ-19 МСП проектирования погружающегося ракетного катера командованию ВМФ пришлось выполнять комплексную НИР «Кит-2», убедительно доказавшую нецелесообразность идеи «погружающихся надводных кораблей».

Во второй половине 1960-х гг. выполнялось обоснование технического облика и предэскизное проектирование вертолетоносных противолодочных кораблей второго поколения, в состав вооружения которых позднее директивно были включены крылатые ракеты комплекса «Базальт». Это впоследствии негативно отразилось на эффективности решения кораблями основной задачи – поиска и уничтожения подводных лодок. Несмотря на аргументированное заключение специалистов Института о необходимости обеспечения боевой живучести, на крупнейшем надводном корабле отечественного ВМФ не была предусмотрена конструктивная защита от подводных взрывов.

С появлением самолета-штурмовика вертикального взлета и посадки (Як-36М, затем Як-38) появилась возможность обоснования авианосных кораблей с самолетами катапультного взлета, целесообразность создания которых активно поддерживалась специалистами Института. Их появлению в составе флота долгое время препятствовали как объективные (приоритет программы создания комплексной противолодочной системы и дефицит построечных мест), так и субъективные причины.

Для решения важнейшей задачи борьбы с авианосными ударными группами при активном участии Института продолжалось создание группировок ракетных подводных лодок (проекты 670, 949 и 949А) и ракетных крейсеров (пр. 1164), вооруженных крылатыми ракетами подводного и надводного старта. Значительный объем работ был выполнен Институт в 1970-х гг. для научно-технического обеспечения создания кораблей и катеров с динамическими принципами поддержания, что позволило СССР стать мировым лидером в этом направлении кораблестроения.

В строительстве стратегических подводных ракетоносцев до перехода на твердотопливные баллистические ракеты комплекса Д-19 продолжалось совершенствование кораблей на основе пр. 667А с жидкостными ракетами, а в создании многоцелевых атомных подводных лодок – последовательное развитие пр. 671.

Усилиями специалистов Института удалось вернуть на крупные надводные корабли отвергнутую с появлением противокорабельных ракет конструктивную защиту, лишенной которой оказались даже тяжелые авианосные крейсера пр. 1143.

Директивой Генерального штаба Вооруженных сил СССР №331/00722 от 2 июня 1980 г. Институту было присвоено наименование «1-й ЦНИИ Министерства обороны СССР».

Основным результатом многолетней деятельности Института за исторический период существования Советского Союза является создание боевых кораблей, составивших его «океанский ракетно-ядерный военно-морской флот». ■

Успех немецких подводных лодок в начале Первой мировой войны был ощутимым. В 1914–1917 гг. каждая из них, находясь в море, топила в среднем за месяц свыше 16 000 т военных кораблей и торговых судов противника. А к концу войны эта цифра упала до 6000 т, т. е. в 2,6 раза [1].

Это было связано, в первую очередь, с тем, что союзники по блоку Антанта начали вести активную борьбу с немецкими подводными лодками (ПЛ). Транспортные суда прекратили одиночное плавание, были объединены в конвои и следовали под прикрытием специальных кораблей эскорта, имевших задачей не допускать атак ПЛ на транспорты.

После Первой мировой войны было потрачено много усилий, чтобы вернуть ПЛ их былой престиж, но одновременно совершенствовались и средства борьбы с ними. В 1939–1942 гг. на каждую немецкую подводную лодку, находящуюся в море, приходилось в среднем лишь по 7250 т в месяц потопленных кораблей и судов. Результаты всех усилий практически компенсировались [2].

Следует отметить, что в германском флоте активно совершенствовались как техника, так и вооружение, особенно торпедное. В августе 1943 г. в боевые походы начали выходить немецкие подводные лодки VII серии, которые были оснащены антирадарным приемником «Хагенук» и имели на вооружении самонаводящиеся акустические торпеды типа Т-V, впервые применявшиеся во Второй мировой войне [3]. Предназначались данные торпеды для уничтожения кораблей эскорта конвоев, после чего ПЛ могли расправляться с беззащитными транспортами. При этом наиболее эффективным считалось использование тактики так называемых «волчьих стай», т. е. целой группы подводных лодок. Однако и союзники изменили тактику, включив в состав конвоев эскортные авианосцы. Установить точное количество союзнических и советских кораблей, погибших или поврежденных самонаводящимися акустическими торпедами, не представляется возможным, так как эти сведения носили фрагментарный характер.

По информации только Разведывательного управления (РУ) Главного морского штаба (ГМШ) ВМФ с 15 января по 15 мая 1944 г. германскими ПЛ было произведено шесть атак акустическими торпедами по английским кораблям. Атаки кораблей союзников немецкими ПЛ при помощи самонаводящихся акустических торпед были выполнены в следующих случаях:

1. В Арктике миноносец преследовал ПЛ со скоростью 17 уз. Выпущенная с ПЛ самонаводящаяся акустическая торпеда взорвалась в 20 футах от борта.
2. Миноносец преследовал лодку скоростью 16 уз. Торпеда, выпущенная ПЛ, взорвалась у кормы.
3. Сторожевой корабль в северной части Атлантического океана преследовал германскую субмарину со скоростью 18 уз. Подводная лодка выстрелила, и торпеда взорвалась под кормой атакующего корабля.
4. Корвет в северной части Атлантического океана преследовал всплывшую ПЛ со скоростью 15 уз. Лодка выпустила торпеду. Корвет был потоплен.
5. Миноносец в Средиземном море обнаружил немецкую ПЛ при помощи гидроакустической аппаратуры «Асдик» и преследовал ее со скоростью 16 уз. Лодка всплыла и выпустила торпеду, в результате взрыва которой миноносец был потоплен.
6. Фрегат в Арктике преследовал немецкую ПЛ со скоростью 16 уз, с которой контакт был установлен аппаратурой

ИЗУЧЕНИЕ ГЕРМАНСКОЙ САМОНАВОДЯЩЕЙСЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ТОРПЕДЫ Т-V

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, проф. Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, член-корр. Академии военных наук,
В.В. Беляков, курсовой офицер-преподаватель Михайловской военной артиллерийской академии,
В.Э. Руденко, преподаватель Российского государственного университета правосудия, контакт. тел. (812) 3479604



Рис. 1. Экипаж МО-103 под командованием старшего лейтенанта А. П. Коленко, потопивший ПЛ U-250

«Асдик». Выпущенная ПЛ самонаводящаяся акустическая торпеда взорвалась на расстоянии 300 ярдов за кормой [4].

Самонаводящиеся акустические торпеды применялись немецкими подводниками на всех театрах военно-морских действий: в Атлантике, на Севере, в Балтийском море. Так, ПЛ U-250, потопив самонаводящейся акустической торпедой малый охотник за ПЛ МО-105 Краснознаменного Балтийского флота сама стала жертвой другого малого охотника за ПЛ МО-103 под командованием старшего лейтенанта А.П. Коленко (рис. 1). Несмотря на серьезное противодействие врага, субмарина была поднята и доставлена в Кронштадт. Благодаря этому советские специалисты получили возможность изучить не только ПЛ, но и оставшиеся на ее борту самонаводящиеся акустические торпеды (рис. 2).

Руководство НКВМФ поручило Минно-торпедному управлению (МТУ) ВМФ изучить трофейную торпеду типа Т-V и определить способы противодействия ей. В ходе научно-исследовательских работ в научных учреждениях ВМФ СССР были выявлены следующие тактико-технические данные трофейных акустических торпед типа Т-V:

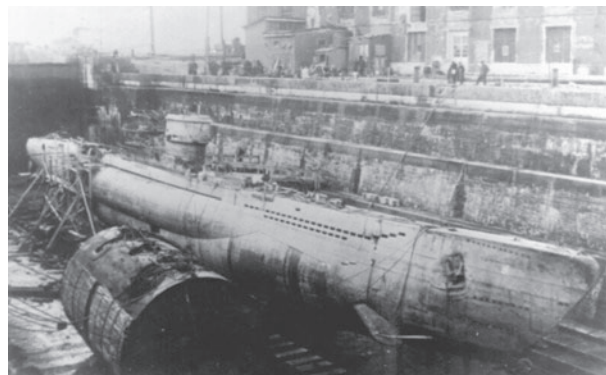


Рис. 2. Подводная лодка U-250 в кронштадтском доке

Диаметр торпеды, мм 583,4
 Полная длина с боевым зарядным отделением (БЗО), мм 7175
 Вес торпеды с БЗО, кг 1495
 Вес взрывчатого вещества (ВВ), кг 250 (тип ТГА)
 Скорость торпеды на прямом пути, уз 24, на циркуляции 20
 (по расчетам).

Дальность хода торпед, м 5000 (по расчетам).

Самонаведение торпеды осуществлялось акустической аппаратурой, состоящей из двух гидрофонов, усилителя и исполнительной аппаратуры (реле).

Угол наибольшей чувствительности каждого гидрофона составлял около 38° (по данным исследования).

Центральный угол между зонами чувствительности составлял около $40-45^\circ$ (по данным исследования).

Дальность, с которой начинала действовать акустическая аппаратура, зависела от скорости корабля и достигала максимальной величины до 300 м. При расчетах принималось дальность действия от 300 до 600 м, т. е. брались невыгодные условия для кораблей эскорта.

Собственная частота гидрофонов составляла 25 000 Гц (расчетная).

Радиус циркуляции торпеды – 180 м (расчетная).

Приведение акустической аппаратуры в действие осуществлялось через 25 секунд с момента выстрела.

Управление рулями торпеды от акустической аппаратуры с момента прихода торпеды на радиус реагирования осуществлялось следующим образом: с получением сигнала на один из гидрофонов происходила полная перекладка вертикального руля в сторону источника звука, и торпеда начинала циркулировать до тех пор, пока не поступит сигнал на другой гидрофон, который вызовет циркуляцию в другую сторону и т.д. (рис. 3).

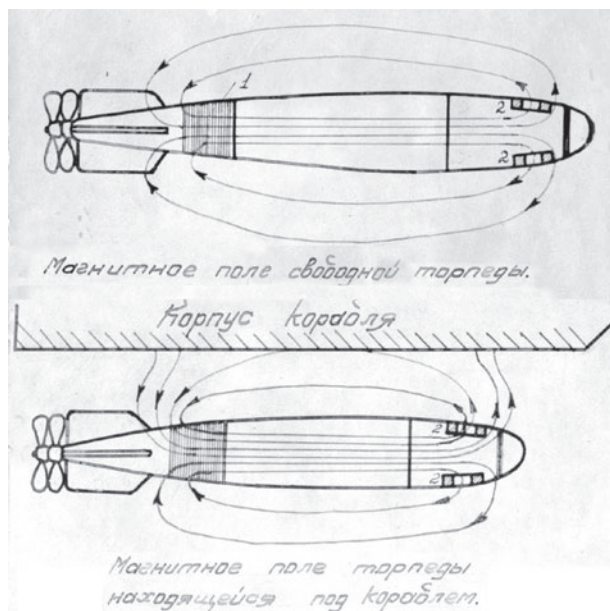


Рис. 3. Схема принципа наведения торпеды Т-В

Разность звукового давления на гидрофоны при частоте в 25 000 Гц, необходимая для срабатывания акустической аппаратуры, должна быть не менее 4 бар [5].

Основываясь на результатах исследования, проведенного МТУ ВМФ 21 января 1945 г., нарком ВМФ Адмирал Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецов докладывал Верховному Главнокомандующему Маршалу Советского Союза И.В. Сталину следующее:

1. Акустические торпеды, аппаратура самонаведения которых имеет высокочастотную характеристику, могут быть успешно использованы только по кораблям, идущим со скоростью 15–18 уз и выше, так как на скоростях кораблей ниже указанных в акустическом поле корабля высокочастотные

составляющие выражены слабо, и применение таких торпед успеха иметь не может.

2. Стрельба акустическими торпедами по кораблям, идущим на указанных скоростях, выгодна только на курсовых углах цели от 0 до 20° , вследствие того, что на курсовых углах свыше 20° попадание торпедами в корабль маловероятно.

Таким образом, отмечал Н.Г. Кузнецов, следует, что акустические торпеды в основном могут успешно применяться против кораблей эскорта при преследовании или поиске ими ПЛ[6].

Исходя из вышеизложенного, наркомом ВМФ с целью снижения эффективности применения противником самонаводящихся акустических торпед для кораблей эскорта было предложено, во-первых, при обнаружении ПЛ противника на дистанциях свыше 25 каб сближение производить прямым курсом по пеленгу, считая корабль преследования вне дальности предельного пути торпеды.

Во-вторых, при обнаружении ПЛ противника на дистанциях от 25 каб и меньше и на курсовых углах от 0 до 20° производить уклонение в сторону движения ПЛ от пеленга на угол отворота, равный 45° , с последующим отворотом на пеленг и при обнаружении подводной лодки на курсовых углах более 20° ложиться на пеленг с последующим отворотом на 45° .

В-третьих, время лежания на частных курсах доводить не более как до одной минуты.

В-четвертых, при сближении с подводной лодкой противника на дистанцию менее 4 каб увеличить скорость до максимальной и лечь на угол упреждения для нанесения удара по ПЛ.

В заключение нарком ВМФ Н.Г. Кузнецов сообщал И.В. Сталину, что он запретил командующему Северным флотом использовать новые эсминцы в конвоях и для поиска подводных лодок противника, так как тактические приемы борьбы с акустическими торпедами пока не проверены, впредь до детального изучения данного вопроса [7].

Более скрупулезное и полное изучение трофейных торпед Т-В руководством НКВМФ было поручено Научно-исследовательскому минно-торпедному институту (НИМТИ) ВМФ. В соответствии с договоренностью глав государств антигитлеровской коалиции – СССР и Великобритании с результатами изучения германской самонаводящейся торпеды, полученными сотрудниками НИМТИ, ознакомилась группа английских специалистов, в состав которой входили: капитан Коллингвуд, Рочестер и Крик. Данная группа работала в Ленинграде с 4 февраля по 17 февраля 1945 г. [8]. Изучение немецких торпед и всех материалов, наработанных в НИМТИ, проводилась англичанами очень тщательно. Работа велась в течение двух недель ежедневно с 10.00 до 20.00 с двухчасовым перерывом на обед без выходных дней [9]. Однако взаимных шагов в оказании помощи по изучению данного типа торпедного вооружения от так называемых «союзников» не последовало, хотя у них были и серьезные наработки, и соответствующее оборудование (рис. 4 и рис. 5)

Получив отказ союзников предоставить необходимые материалы по минно-торпедному вооружению противника, руководством ВМФ СССР приняло вполне прагматичное решение – использовать опыт самих немецких специалистов, его разрабатывающих. В августе 1945 г. на основании Решения наркома ВМФ Кузнецова №147 от 23 июля 1945 г. было создано Конструкторское бюро (КБ) ВМФ (позднее Военно-морских сил, ВМС) в Берлине под руководством капитана 1 ранга Л.А. Коршунова [10]. Самым многочисленным отделом Бюро был минно-торпедный. В данном отделе одним из профильных подразделений была группа акустического самонаведения торпеды на цель, руководимая немецким специалистом диплом-инженером Гильдебрандтом [11].

После тщательного отбора с учетом личного согласия 1 ноября 1946 г. целая группа немецких специалистов в облас-

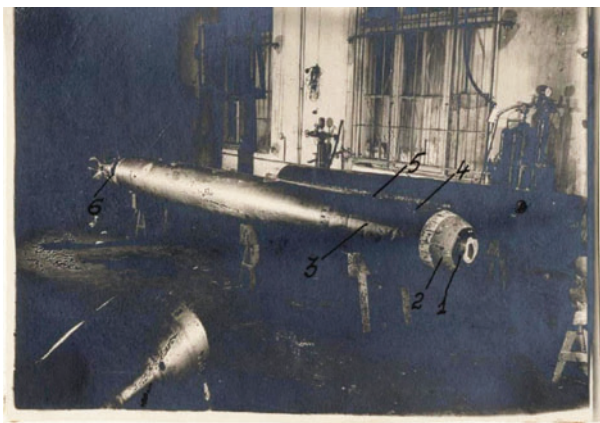


Рис. 4. Общий вид торпеды Т-В, представленной английскими специалистами

1 – гидрофоны, акустическая головка; 2 – Б.З.О.; 3 – алюминиевая вставка; 4 – инерционный взрыватель; 5 – горловины катушек неконтактного взрывателя; 6 – обмотка на хвосте торпеды

ти торпедного вооружения была переведена для дальнейших консультативных работ в СССР [12].

Прибывшие в Советский Союз немецкие специалисты были включены в состав Особого технического бюро (ОТБ) Научно-технического комитета (НТК) ВМС. Начальником его был назначен инженер-капитан 1 ранга Н.П. Сербин. Немецкие специалисты работали и проживали в бывшем Меншиковском дворце в Ораниенбауме (пригород Ленинграда) [13]. Как в Германии, так и в СССР немецкие специалисты вели консультативную работу по ранее созданным образцам военно-морской техники и вооружения. Советские специалисты НИМТИ, НИИ-400, завода «Двигатель», других учреждений и предприятий, занимавшихся самонаводящимися акустическими торпедами, приезжали в Ораниенбаум, где работали с немецкими специалистами. В 1949 г. после выполнения консультативных работ немецкие специалисты с семьями и своим имуществом убыли в Германию.

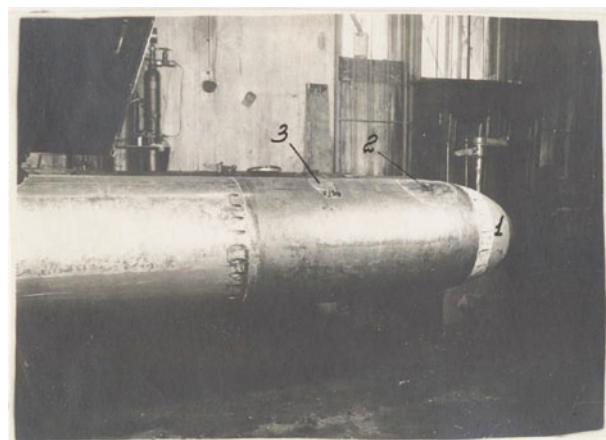


Рис. 5. Боевое зарядное отделение торпеды Т-В, представленной английскими специалистами

1 – акустическая головка; 2 – горловина катушки неконтактного взрывателя; 3 – инерционный взрыватель

Следует отметить, что данный тип торпедного вооружения для советских специалистов не был новинкой научно-технической мысли. Первые исследования по тематике самонаведения торпедного оружия в Советском Союзе начались в 1936 г. Специалисты НИМТИ ВМФ проработали несколько вариантов архитектуры систем наведения и выбрали пассивное акустическое. По некоторым данным, в то время даже удалось разработать и собрать опытный образец пассивной гидроакустической системы самонаведения, который в 1939 г. смонтировали на серийной торпедой 53-38. В ходе опытов с этим изделием выяснилось, что парогазовая машина торпеды производит слишком большой шум, мешающий работе гидроакустики и не позволяющий ей находить цель.

Различные работы по тематике самонаводящихся торпед продолжались до самого начала Великой Отечественной войны. После нападения нацистской Германии предприятия, институты и конструкторские бюро отечественной промышленности были вынуждены заняться более актуальными воп-

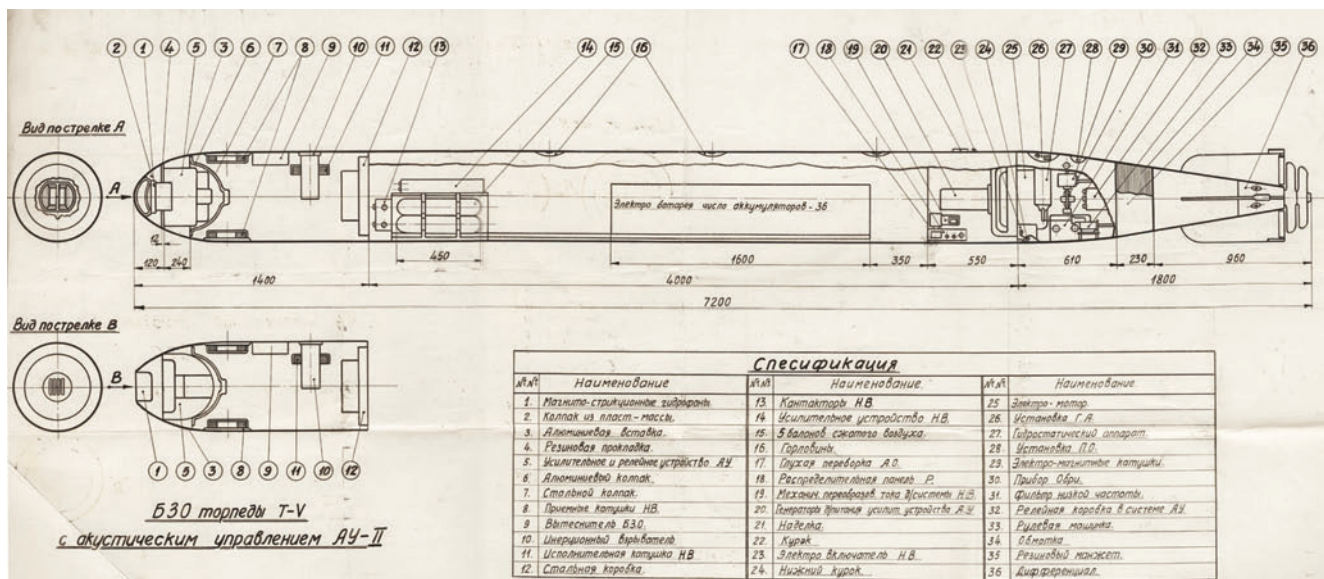


Рис. 6. Схема расположения отдельных агрегатов торпеды Т-В, составленная советскими специалистами

1 – магнито-стрикционные гидрофоны; 2 – колпак из пластмассы; 3 – алюминиевая вставка; 4 – резиновая прокладка; 5 – усилительное и релейное устройство А.У.; 6 – алюминиевый колпак; 7 – стальной колпак; 8 – приемные катушки Н.В.; 9 – вытеснитель Б.З.О.; 10 – инерционный взрыватель; 11 – исполнительная катушка Н.В.; 12 – стальная коробка; 13 – контакторы Н.В.; 14 – усилительное устройство Н.В.; 15 – 5 баллонов сжатого воздуха; 16 – горловины; 17 – глухая переборка А.О.; 18 – распределительная панель Р.; 19 – механич. преобразов. тока д/системы Н.В.; 20 – генераторы д/питания усилит. устройства А.У.; 21 – надежда; 22 – курок; 23 – электровыключатель Н.В.; 24 – нижний курок; 25 – электро-мотор; 26 – установка Г.А.; 27 – гидростатический аппарат; 28 – установка П.О.; 29 – электромагнитные катушки; 30 – прибор Обри; 31 – фильтр низкой частоты; 32 – релейная коробка в системе А.У.; 33 – рулевая машинка; 34 – обмотка; 35 – резиновый манжет; 36 – дифференциал

росами и отказаться от активных работ по перспективному направлению. Многообещающая программа была возобновлена лишь в самом конце 1944 г. [14].

Изучив трофейную торпеду, советские конструкторы приступили к разработке собственного аналога этого оружия (рис. 6). Работы по новому проекту стартовали в начале 1945 г. Проект получил условное обозначение САЭТ – «Самонаводящаяся акустическая электрическая торпеда». Главным разработчиком проекта стал НИИ-400 (ныне ЦНИИ «Гидроприбор»), работами руководил Н.Н. Шамарин. Кроме того, к проекту были привлечены НИМТИ ВМФ и СКБ завода «Двигатель» (г. Ленинград). Совместными усилиями инженеры трех предприятий подготавливали новый проект.

Исследования середины тридцатых годов показывали, что самонаводящаяся торпеда при существующих технологиях может быть только электрической. В 1942 г. на вооружение советского флота была принята электрическая торпеда ЭТ-80 (рис. 7). За ее создание в 1943 г. инженер-капитан 1 ранга (впоследствии инженер-вице-адмирал) А.Е. Брыкин был удостоен Сталинской премии 1-й степени. Данную торпеду было предложено использовать в качестве основы для изделия САЭТ (рис. 8). У нее заимствовали все основные агрегаты, которые, однако, подверглись некоторым доработкам с целью установки нового оборудования для самонаведения [15].

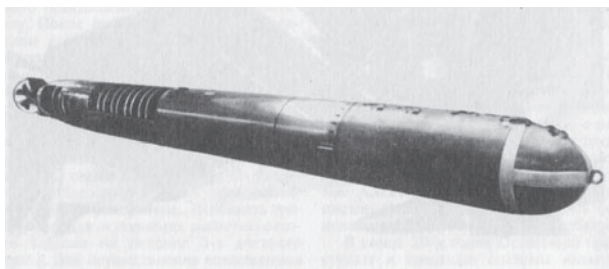


Рис. 7. Торпеда ЭТ-80



Рис. 8. Торпеда САЭТ-50М

Окончательным этапом изучения трофейной самонаводящейся торпеды Т-V были ее полигонные испытания. Местом проведения морских испытаний торпед немецкого производства Т-V и советского производства САЭТ на основании совместного приказа наркомов ВМФ и судостроительной промышленности от 3 марта 1945 г. был определен торпедо-пристрелочный полигон завода № 182 НКСП в Махачкале. С целью обеспечения проведения морских испытаний НКВМФ выделил катер МО-4 [16]. Обращают на себя внимание следующие факты: во-первых, дата приказа, которая свидетельствует о продуманности и комплексности изучения трофейного германского торпедного вооружения, во-вторых, совместное сравнительное испытание трофейных и отечественных самонаводящихся торпед.

Морские испытания как трофейных немецких, так и отечественных торпед начались 1 сентября 1945 г. О ходе испытаний торпедного вооружения и результатах их проведения представитель НИМТИ ВМФ на заводе 182 инженер-капитан 2 ранга С.И. Литвинов регулярно докладывал начальнику 1 отдела НИМТИ ВМФ инженер-подполковнику А.С. Лязгунову и начальнику 2 отдела МТУ ВМФ капитану 1 ранга Б.Д. Костыгову [17]. В испытаниях принимали участие специалисты НИМТИ ВМФ, НИИ-400 НКСП, других заинтересованных учреждений и предприятий.

В ноябре-декабре 1945 г. в Махачкале значительно ухудшились погодные условия, поэтому руководство ВМФ СССР приняло решение перенести испытательные стрельбы торпедами Т-V и САЭТ по развернутой программе по боевым кораблям на 1946 г. [18]. В общей сложности во время сравнительных испытаний в 1945–1946 гг. было сделано 117 выстрелов, причем 41 раз торпеда запускалась по движущейся учебной цели. Анализ результатов стрельб советскими и немецкими торпедами показал, что по своим характеристикам это оружие равноценно. Новая советская САЭТ не уступала немецкому изделию. Кроме того, самонаводящиеся торпеды на практике подтвердили все свои преимущества перед прямоточными системами [19].

Таким образом, изучение специалистами ВМФ СССР трофейной германской самонаводящейся торпеды Т-V позволило исследовать ее конструктивные особенности и тактико-технические характеристики, на основании выявленных характеристик определить способы противодействия данному типу торпеды и совершенствовать отечественное торпедное вооружение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базилевский С.А. Из моих воспоминаний. (рукопись). – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр». – 1970, с. 4.
2. Там же, с. 4.
3. Акустические торпеды «Цаукениг» и несбывшиеся надежды немецких подводников. – [Электронный ресурс] <https://naukatehnika.com/akusticheskie-torpedy-i-zaukenig.html> (дата обращения 03.02.2022)
4. Филиал ЦА МО РФ (Архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 506. Оп. 36. Д.536. Л. 41.
5. Там же. Ф. 506. Оп. 36. Д. 5363. Л. 105.
6. Там же Ф. 2. Оп.1. Д. 79. Л. 1-2.
7. Там же. Л. 3.
8. Филиал ЦА МО РФ (Архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 506. Оп. 36. Д.555. Л. 20-21.
9. Там же. Л. 181.
10. Барбанель Б.А., Половинкин В.Н., Федулов С.В., Фомичев А.Б. Германский опыт на службе ВМФ СССР (1945–1949). – СПб.: Крыловский государственный научный центр, 2019, с. 146–147.
11. Там же. С. 217.
12. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 905, Оп. 4264. Д. 1. Л. 77.
13. Там же Ф. 914. Оп. 1733. Д. 5. Л. 78.
14. Семейство САЭТ: первые отечественные самонаводящиеся торпеды. – [Электронный ресурс] [tps://topwar.ru/92105-semeystvo-saet-pervye-otechestvennye-samonavodyaschiesya-torpedy.html](https://topwar.ru/92105-semeystvo-saet-pervye-otechestvennye-samonavodyaschiesya-torpedy.html) (дата обращения 28.06.2022)
15. Там же.
16. Филиал ЦА МО (архив ВМФ г. Гатчина) Ф. 506. Оп. 36. Д. 536. Л. 105.
17. Там же. Ф. 506. Оп. 36. Д. 536. Л. 155-155об.
18. Там же. Д. 549. Л. 15-15об.
19. Семейство САЭТ: первые отечественные самонаводящиеся торпеды. – [Электронный ресурс] <https://topwar.ru/92105-semeystvo-saet-pervye-otechestvennye-samonavodyaschiesya-torpedy.html> (дата обращения 28.06.2022) ■

Известный историк флота Н. А. Коргуев в посвященной штурманам русского флота статье отмечал, что на их долю «выпал важный по своему значению, ответственный труд и приниженное по сравнению с флотскими офицерами служебное положение» [1]. С этим заключением нельзя не согласиться, поскольку на протяжении без малого двухвековой истории существования в российском флоте штурманов их чиновный статус был ущемлен, а карьерные перспективы несправедливо сужены, несмотря на высокие предъявляемые к их профессионализму требования. Причины этого крылись как в специфике самой службы, так и в сословном подходе властей к комплектованию личного состава военно-морского флота, линейные офицеры которого рекрутировались почти исключительно из дворян, а чины технические, как то штурманские, шкиперские, мастерские – напротив, вскоре после своего появления стали уделом выходцев из непривилегированных сословий разночинцев, а неравноправие социальное обуславливало неравноправие служебное.

Звание штурмана появилось в русском флоте вследствие заимствования Петром Великим английских и голландских образцов организации морской силы. Как почти все остальные моряки первых лет существования флота штурманы были сплошь иностранцами, приглашенными в царскую службу. Позднее появляются среди них и русские специалисты, которых готовили вновь открывшиеся учебные заведения. Совокупность штурманских чинов, организованных в 1723 г. в штурманскую роту, составляли штурманы, подштурманы и штурманские ученики*. Последние считались рядовыми, а штурманы и подштурманы полагались в служебной иерархии в ранге унтер-офицеров: штурманы – ниже шкиперов, имевших офицерский ранг, и выше боцманов, а подштурманы – ниже боцманов и выше боцманматов. Таким образом, несмотря на ответственность, на них возложенную, а также на солидную теоретическую и практическую подготовку, выгодно отличавшую штурманов от тех же шкиперов, они не получили офицерских чинов, а следовательно, и прав на сопоставимое с ними привилегированное правовое положение. Эта несправедливость отчасти компенсировалась размерами жалования, которое для штурманов из россиян было установлено против подпоручика (унтер-лейтенанта) [2]. В 1727 г. штурманы и подштурманы были разделены на три оклада по размерам жалования

СЛУЖЕБНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ШТУРМАНОВ В XVIII-XIX ВВ. (ПО СЛЕДАМ ЮБИЛЕЯ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ ВМФ РОССИИ)*

И. В. Меркулов, канд. истор. наук, доцент СПбГУ, историограф Санкт-Петербургского Морского Собрания, контакт. тел. (812) 312 5396

с определением точного числа чинов, на каждом окладе состоящих, причем штурманам высшего первого оклада определялось жалованье даже большее, чем поручикам [3]. Вместе с тем у штурманов сохранялась возможность производства в линейные офицеры флота, хотя преимущество в старшинстве при этом имели произведенные по линии флотские офицеры.

В царствование Анны Иоанновны занимавшаяся составлением нового штата флота Военная морская комиссия наряду с прочими существенными изменениями проектировала введение в линию флотских офицеров звания мастера в ранге капитана армии, которое не было предусмотрено Адмиралтейским регламентом 1720 г. Первоначально предполагалось наполнять комплект мастеров приглашенными иностранцами, однако позднее было признано более удобным производить в него из штурманов. Решение это явилось отнюдь не случайным, поскольку еще в самом начале работы комиссии встал вопрос о двойственности положения штурманов на судах, которые, с одной стороны, отвечали за безопасность корабля непосредственно перед капитаном и обязывались делать ему представления в случае ошибки курса, а с другой – были отделены от него и от прочих офицеров непреодолимой пропастью в правовом статусе. Кроме того, при определении последовательности в смене командира по Морскому уставу после обер-офицеров командование судном должен был принять штурман, а за ним шкипер и констпель. Однако последние к 30-м гг. уже получили обер-офицерские ранги, а потому должность штурмана входила в явное противоречие с логикой субординации. Однако эти и ряд других очевидных расхождений устава и правового положения штурманов не послужили к «пожалованию» их офицерскими рангами, хотя комиссия прекрасно сознавала, что сложившаяся ситуация



Миниатюрный секстант Кэри. Начало XIX в.

отнюдь не будет способствовать ни правильному течению дел, ни поощрению моряков к службе. Именно последние рассуждения привели к необходимости заполнить комплект мастеров штурманами. Поскольку звание мастера было необязательной ступенью для линейных офицеров, такое решение комиссии имело и сословный смысл. Дело заключалось в том, что Морское ведомство было крайне не заинтересовано в производстве штурманов в линейные офицеры, поскольку они тормозили карьерный рост последних, однако понимало справедливость их претензий, которые не могло игнорировать. Поскольку штурманская рота была крайне разнородна по социальному составу, комиссия в данном случае руководствовалась сословным принципом. Из наличных штурманов-дворян шестеро были включены в комплект мастеров и, таким образом, получили обер-офицерский ранг; одновременно с этим для устранения необходимости в дальнейшем производстве штурманов в линейные офицеры было запрещено зачислять в штурманскую роту дворян. Смысл этого положения сводился к следующему: сословное государство вынуждено было учитывать справедливые притязания дворянства, основанные на Табели о рангах, гарантировавшей ему равные возможности

* Настоящая статья написана много лет назад и была бы своевременной в дни 300-летнего юбилея штурманской службы, однако по ряду причин тогда не вышла в свет. 25 января 2022 г. отмечалась уже 322-я годовщина штурманов.

** В результате деятельности Военной морской комиссии в 1732 г. звание штурманских учеников было упразднено на том основании, что Навигацкая школа и Морская академия выпускали воспитанников в достаточном количестве, в том числе и в штурманскую роту. Преемственное положение о штурманских учениках было восстановлено при Елизавете Петровне.

продвижения по служебной лестнице в зависимости от личных качеств и заслуг, поэтому формально установить карьерный потолок было делом в высшей степени затруднительным. С прекращением зачисления в штурманскую роту дворян они постепенно исчезли бы как среди штурманов, так и среди мастеров, после чего комплект последних можно было бы наполнять штурманами из разночинцев, для которых, по мысли законодателей, капитанский чин был пределом мечтаний.

Таким образом, через чин мастера из штурманской роты в линейные офицеры были бы выведены все достойные производства дворяне, и она стала бы уделом исключительно разночинцев, а звание мастера, формально числившееся во флотской линии, фактически стало бы принадлежностью штурманской же роты и наполнялось бы лучшими штурманами, получавшими при этом офицерский ранг. В принципе, это соломоново решение могло бы удовлетворить всех, если со временем лучшим мастерам из разночинцев была бы предоставлена хоть эфемерная возможность производства в линейные офицеры, как то случилось позднее.

Однако с приходом к власти Елизаветы Петровны все преобразования Военной морской комиссии были отменены и провозглашена реставрация петровских принципов. Формально штурманы вновь могли производиться в линейные офицеры вне зависимости от сословного происхождения. Впрочем, это не стало свидетельством либерализации политики чинопроизводства. В именном указе от 11 декабря 1742 г. «повелевалось в морские офицеры производить из гардемарин, не вмещая к тому произвождению старшинством находящихся не из дворян при адми-

ралтействе штурманов и прочих». Суть этого законоположения заключалась в реализации сословно дифференцированного подхода к комплектованию различных подразделений Морского ведомства. Поскольку Морская академия выпускала в гардемарины почти исключительно юношей дворянского происхождения, указ 1742 г. фактически лишил учеников из непривилегированных сословий возможности выйти в линейные офицеры. С другой стороны, тем же законоположением дворянских недорослей было запрещено выпускать из Морской академии куда-либо, кроме как в линейные офицеры, а прочие чины и должности, в том числе и штурманских учеников, подштурманов и штурманов, предписывалось «наполнять» разночинцами [4].

После этого указа продолжился постепенный процесс вымывания дворянского элемента из штурманского корпуса, катализированный в 1751 г. реализацией «Высочайше утвержденного расписания о чинах корабельного и галерного флотов» по Морскому регламенту 1720 г., сила которого была восстановлена в отмену штата Военной морской комиссии [5]. Реставрация номенклатуры и комплекта чинов была осуществленной за счет массовых производств, в ходе которых несколько штурманов по старшинству были произведены в линейные офицеры, «но то следовало токмо до наличных тогда в штурманах находящихся из дворян» [6]. Это последнее уточнение появилось вследствие сенатского протеста 1753 г., по которому штурманы из разночинцев были исключены из линии производства [7].

Тем не менее уже очень скоро в Адмиралтейской коллегии пришли к осознанию того, что, лишив штурманов перспективы карьерного роста через произ-

водство в офицеры, невозможно было ожидать от них самозабвенной службы и профессионального исполнения своих обязанностей, тем более что очевидная несправедливость к ним, сопряженная с огромной ответственностью, едва ли могла привлечь на это попрание людей способных и честолюбивых. В этой связи и появился сенатский указ «О порядке производства в офицерские чины гардемарин и штурманов» от 19 марта 1757 г., которым для штурманов устанавливалась линия производства в классные чины, отдельная от линейных офицеров. Дослужившиеся до унтер-офицерского чина штурманы получили возможность производиться в армейские классные чины от прапорщика (XIV класс) до капитана (IX класс) включительно, оставаясь при этом в адмиралтейском подчинении. Так появилась новая номенклатура штурманских чинов – штурманы «прапорщического», «подпоручического», «поручического» и капитанского рангов [8]. При этом награждение офицерскими чинами стало исключительно мерой поощрения и не влекло за собою изменения должностных обязанностей, что отражено во всех штатах, в которых указано валовое число штурманов без дифференциации по рангам.

Таким образом, указом 1757 г. служебные перспективы штурманов были значительно расширены реальной возможностью для них получать обер-офицерские ранги, однако сравнительно с линейными офицерами это был довольно низкий карьерный потолок. С одной стороны, для получения даже капитанского чина штурманам, законодательно и ситуативно дискредитировавшимся при производстве в классный чин, требовались долгие годы службы, а с другой – достижение IX класса было



Итальянский дворец в Кронштадте. В этом здании в 1798 г. было открыто Штурманское училище Балтийского флота



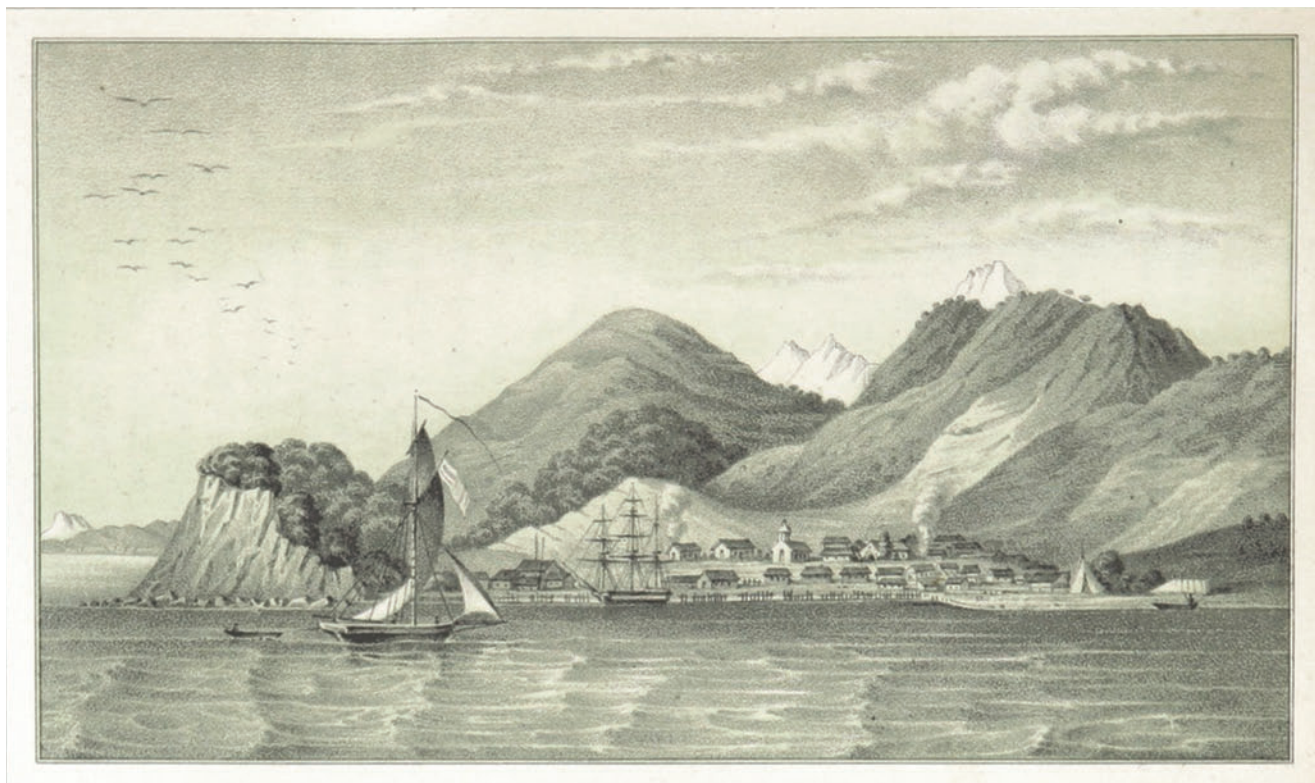
Генеральная карта Российской Империи, 1776 г.

вполне реально для людей профессиональных и честолюбивых. Поэтому вставал вопрос о дополнительных стимулах для них. Штурманы капитанского ранга при условии беспорочной усердной службы могли без повышения получить прибавку к жалованью, но этого было явно недостаточно. В этой связи в новом Регламенте 1765 г. (Ч. I. Гл. VII. П. 6 «О производстве шкиперов и штурманов в действительные морские офицеры») была оформлена ничтожная, но все-таки возможность производства штурманов в линейные офицеры, «буде из них кто

по довольной службе найдется прилежен, в морской службе весьма искусен, доброго состояния и отменные заслуги покажет». Такие производства могли совершаться по «удостоениям флагманов и капитанов с неперменным докладом монарху» [9], однако за весь период действия этого законоположения в линейные офицеры были выпущены всего несколько штурманов.

По павловскому штату от 1 января 1798 г. во флоте был введен чин штурмана майорского ранга, а также установлено точное количество человек,

состоящих в каждом чине. Таким образом, карьерный потолок для штурманов был повышен до VIII класса по Табели о рангах [10], вместе с тем отменялась статья Регламента 1765 г. о производстве штурманов в линейные офицеры. 20 августа были утверждены положение и штат создаваемого штурманского училища, воспитанники которого по окончании обучения жаловались в штурманы унтер-офицерского ранга, а лучшие из них – в офицеры по штурманской линии [11]. В конце того же года все технические служители во флоте были



Петропавловская гавань (гравюра)

Изменения номенклатуры и классности чинов штурманов В XVIII–XIX вв.

Класс	Армейские чины	По регламенту 1720 г.	С 1732 г.	С 1751 г.	С 1757 г.	С 1 января 1798 г.	С конца 1798 г.	С 1804 г.	С 1827 г.	С 1851 г.	С 1860 по 1885 г.
I	Генерал-фельд-маршал (генерал от инфантерии)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
II	Генерал-аншеф	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
III	Генерал-поручик (генерал-лейтенант)	–	–	–	–	–	–	–	Генерал -лейтенант КФШ		
IV	Генерал-майор	–	–	–	–	–	–	–	Генерал -майор КФШ		
V	Бригадир	–	–	–	–	–	–	–	–		
VI	Полковник	–	–	–	–	–	–	–	Полковник КФШ		
VII	Подполковник	–	–	–	–	–	–	–	Подполковник КФШ		
VIII	Премьер-майор	–	–	–	–	Штурман майорского ранга	Штурман VIII класса		Упразднен		
	Секунд-майор										
IX	Капитан	–	Мастер	Упразднен	Штурман капитанско-го ранга		Штурман IX класса		Капитан КФШ		
X	Капитан-поручик (штабс-капитан)	–	–	–	–	–	–	–	Штабс-капитан КФШ		
XI		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
XII	Поручик	–	–	–	Штурман ранга поручика		Штурман XII класса		Поручик КФШ		
XIII	Подпоручик	–	–	–	Штурман ранга подпоручика		Штурман XIII класса	Упразд-нен	Подпоручик КФШ		
XIV	Фендрик (прапорщик)	–	–	–	Штурман ранга прапорщика		Штурман XIV класса	Штур-манский помощ-ник XIV класса	Прапорщик КФШ		
–	Унтер-офицеры	Штурман*	Штурман**	Штурман***	Штурман		Штурман		Упразднен		
		Подштурман				Упразднен		Штур-манский помощ-ник	Кондуктор КФШ	Упразд-нен	Кондук-тор КФШ
–	Нижние чины	Штурман-ский уче-ник	Упразднен****	Штурманский ученик					Упразднен		

* С правом производства в унтер-лейтенанты.

** С правом производства в мастера капитанского ранга.

*** Без права производства в унтер-лейтенанты.

**** Штурманские ученики были включены в состав учеников Морской академии и адмиралтейских школ.

переименованы из военных в соответствующие классные чины [12].

В 1804 г. в ходе работы Комитета о переменах в управлении Морского департамента было выработано и 10 февраля утверждено «Положение числа штурманских чинов...», согласно которому штурманы во флоте полагались XII, IX и VIII классов (т.е. рангов поручиков, капитанов и майоров армии по Табели о рангах соответственно), а также вводилось звание штурманского помощника, две трети которых числились в унтер-офицерах, а одна треть – в XIV классе (прапорщик армии). При этом для поощрения штурманов восстанавливалось действие главы VII, параграфа 6 Регламента 1765 г. [13].

С начала XIX столетия штурманы стали получать денежное содержание, меньшее чем у находящихся с ними в одних чинах линейными офицерами. Это финансовое неравноправие было еще раз подтверждено в утвержденном мнении Государственного совета от 9 июля 1819 г., поданном на предложение морского министра маркиза И. И. де Траверсе об уравнивании жалования штурманов и линейных офицеров. Государственный совет в рассуждении того, что последние по возвращении в порт занимаются по должности фронтовой службою, от которой освобождены штурманы, не пошел на предложение министра и определил жалова-

ние штурманским чинам классом ниже, а именно: «штурманам VIII класса – против лейтенанта, IX класса – против мичмана и прочим с соразмерною убавкой». В том же мнении Государственный совет высказался за сохранение прежнего положения о повышении штурманов чинами и производстве в линейные офицеры, дезавуировав тем самым предложение Траверсе о пожаловании их в чины до VI класса, т.е. до полковника включительно [14].

Существенное изменение служебного и правового положения штурманов было предпринято с восшествием на престол Николая I. Указом от 4 июня 1826 г. штурманское училище было пе-



О НАСУЩНЫХ ЗАДАЧАХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ЗАСЕДАНИЕ СЕКЦИИ «УПРАВЛЕНИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ» НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А.Н. КРЫЛОВА

*РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 710 4011*

14 июля 2022 г. состоялось заседание секции «Управление судостроительным производством» НТО судостроителей им. А.Н. Крылова под руководством доктора технических наук, руководителя направления НИОКР корпорации «Галактика» Александра Евгеньевича Богданова.

В мероприятии приняли участие сотрудники ведущих судостроительных организаций, представители ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ПАО «НПО «Алмаз», ЗАО «Си Проект», АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» и ООО «Бюро ЕСГ».

С докладом «О цифровизации производственных процессов судостроения и судоремонта на предприятиях отрасли» выступил А. Е. Богданов, а с докладом «Деятельность АО «ОСК» по оценке достигнутого уровня автоматизации систем управления судостроительным производством» – представитель ОСК Максим Владиславович Вихлянов.

По результатам заседания секции были сформулированы рекомендации и достигнуты договоренности по дальнейшему сотрудничеству.

В докладах были отмечены основные недостатки существующей организации проектирования, постройки и эксплуатации кораблей и судов (далее морской техники – МТ):

1. Низкий уровень взаимодействия участников управления жизненным циклом (ЖЦ) корабля, основанный на традиционном бумажном документообороте. Отсутствие единого сквозного контроля за достижением заданных ТТХ корабля и их оптимизацией. Основной организационно-технической задачей цифровизации и внедрения технологий управления ЖЦ является создание интегрированной информационной среды (ИИС) взаимодействия заказчика (для кораблей – ОВУ ВМФ) и предприятий промышленности – разработчиков и производителей МТ, а также организация информационного взаимодействия в форме электронного документооборота с необходимым уровнем защиты информации и разграничением доступа в соответствии с полномочиями.

2. Слабое использование возможностей современных цифровых технологий (цифровых моделей) и систем защищенной связи. Информационная поддержка

организации создания и эксплуатации МТ базируется, как уже сказано, преимущественно на традиционном бумажном документообороте.

3. Отсутствие единой информационной среды для участников управления ЖЦ, наличие большого числа разнородных информационных систем, требующих организации взаимодействия – переноса данных.

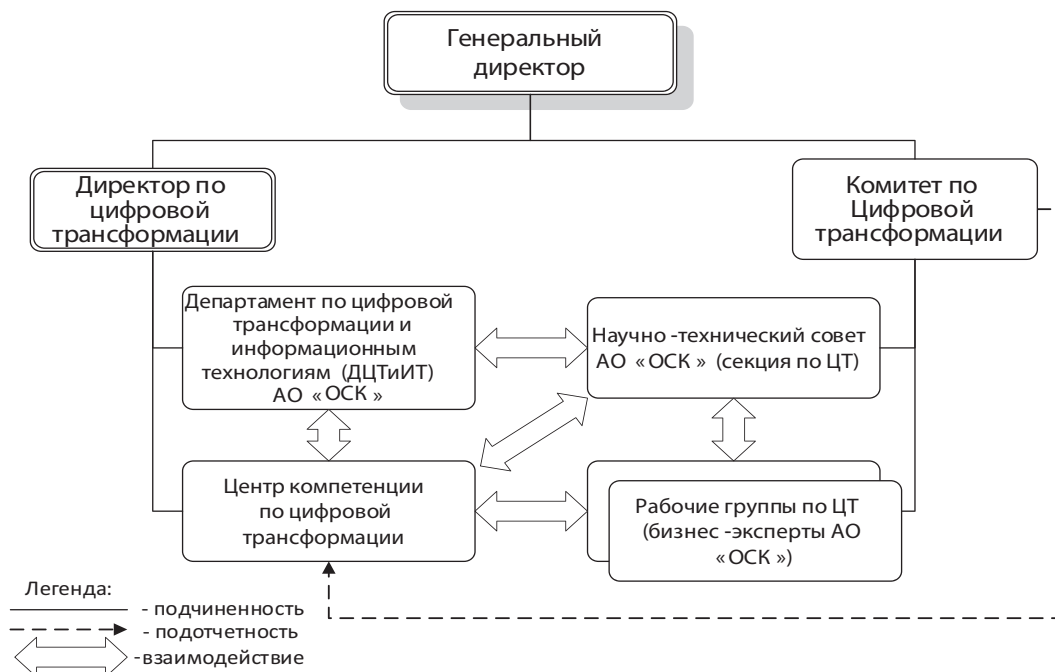
4. Отсутствие проработанных методов оценки влияния технических решений, принимаемых на стадии разработки проекта, на стоимость ЖЦ и технико-эксплуатационные характеристики МТ в период эксплуатации.

5. Отсутствие всестороннего мониторинга технического состояния и эксплуатационной надежности изделий МТ на стадии эксплуатации и пополнения базы данных об изделиях МТ и их составляющих, согласованных с организациями-разработчиками и эксплуатирующей организацией.

6. Отсутствует полнофункциональных автоматизированных информационных систем управления ЖЦ вооружения и военной техники, позволяющих реализовать управление всеми процессами в



Направления цифровой трансформации систем управления объектом



Организационная структура управления процессами цифровой трансформации АО «ОСК»

ходе ЖЦ с единых методологических позиций.

Создание системы управления полным ЖЦ корабля предполагает решение следующих основных задач:

- развитие существующей системы управления разработкой, производством, эксплуатацией и утилизацией МТ;
- развитие нормативной правовой, методологической, справочной и информационной базы;
- разработка методов и моделей определения стоимости ЖЦ корабля и его составляющих.

7. В стандартах Российской Федерации, в отличие от зарубежных стандартов, по управлению ЖЦ ВВСТ, не регламентированы вопросы документирования и обмена данными об эксплуатационных характеристиках изделий МТ, применения интегрированной логистической поддержки и анализа логистической поддержки, электронной эксплуатационной документации, применения методов оценки стоимости и управления стоимостью стадий полного ЖЦ и др.

8. Не обеспечен необходимый уровень полноты, достоверности и актуальности данных, следствием чего является ослабление механизмов контроля и поддержания заданных значений показателей на стадии эксплуатации изделий МТ.

После обсуждения сообщений по вопросам реализации инициатив и программ «Цифровой трансформации» с целью выполнения директивных показателей развития производственного комплекса Группы предприятий ОСК было отмечено, что существующие темпы развития систем управления пред-

приятий судостроения и судоремонта сдерживаются:

- 1) отсутствием лицензионного отечественного программного обеспечения по электронному представлению и отражению в автоматизированных системах управления привлекаемых видов ресурсов для их рационального использования;
- 2) недостаточной проработкой и отсутствием актуализированных методов и технологий применения отечественной научно-технической документации (НТД) с целью совершенствования процессов руководства, организации и управления производственно-хозяйственной деятельностью по «Программе работ цифровой трансформации АО «ОСК» и принятому комплексу инициатив;
- 3) нереализованностью лучших практик на предприятиях ОПК РФ и их разумной адаптации к условиям судостроения и судоремонта с учетом требований к стандартным архитектурам и методологиям промышленных предприятий (Рекомендации по ГОСТ Р ИСО 15 704).

РЕКОМЕНДАЦИИ

Первоочередные мероприятия по ликвидации отмеченных недостатков:

1. Оценка уровня зрелости использования информационно-коммуникационных и организационно-управленческих технологий на отдельных предприятиях (пилотной зоны) ОСК для последующего анализа и принятия решений по реализации процессов цифровой трансформации, а также разработка базовых требований на основе НТД РФ для по-

этапного развития систем создания и послепродажного обслуживания МТ.

2. Отработка процессов цифровой трансформации на отдельных видах судостроительных/судоремонтных производств в рамках единой методологии на основании проектов комплексного совершенствования систем управления производства и послепродажного обслуживания МТ.

3. Обоснование выбора состава типовых бизнес-процессов верхнего уровня для разработки целевой модели сквозного бизнес-процесса «от проектирования до выпуска готового изделия» для отработки на программно-аппаратных стендах.

В качестве приоритетных стадий проектирования рассмотреть процессы подготовки и передачи входных данных от проектанта к кораблестроителям в совокупности с процессами конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) судостроительного/судоремонтного комплексов.

4. Привлечение внимания отраслевой науки (ФГУП «КГНЦ, АО «ЦТСС», АО «51 ЦКТИ судоремонта» и др.) к формулированию требований (функциональных и бизнес-требований) к использованию отечественных программно-аппаратных платформ в интересах ЦКБ проектантов и/или судостроительных/судоремонтных комплексов.

Следующее заседание секции, посвященное вопросам разработки систем автоматизированного проектирования и подготовки персонала для реализации процессов цифровой трансформации предприятий Группы ОСК совместно с факультетом информационных технологий СПбГМТУ, планируется провести в третьей декаде сентября 2022 г. ■



О СОЗЫВЕ ОЧЕРЕДНОЙ VI ОТЧЕТНО-ВЫБОРНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА А.Н. КРЫЛОВА

*РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 710 4011*



Н.И. Казakov



А.Н. Крылов



К.И. Боклевский



В.А. Позднюхин



Ю.А. Шиманский

Общероссийское общественное объединение «Российское научно-техническое общество судостроителей им. акад. А. Н. Крылова» ведет отсчет своей истории с 22 апреля 1866 г., выполняя свое предназначение высококомпетентного общественного эксперта новейших технологий для судостроения. НТО – крупнейший в России научный институт, инновационный центр сохранения, генерации и передачи широкого спектра традиционных и новых знаний судостроителям для технического развития производства. Общество выполняет важную роль в распространении научных и технических знаний, координации взаимодействия между учеными, инженерами и специалистами предприятий.

Центральным правлением ООО «Российское научно-техническое общество судостроителей им. акад. А. Н. Крылова» в соответствии с Уставом п.5.1 принято решение о созыве очередной VI отчетно-выборной конференции 25 октября 2022 г. по адресу: Санкт-Петербург, Корабельная ул., д. 6.

Повестка дня:

1. Отчет о деятельности Общества за период 2017–2022 г. Доклад доктора технических наук, профессора В.С. Никитина.
2. Отчет контрольно-ревизионной комиссии.
3. Выборы счетной комиссии и председателя счетной комиссии.
4. Выборы мандатной комиссии и председателя мандатной комиссии.
5. Доклад мандатной комиссии.
6. Выборы президента, первого вице-президента и вице-президентов, ученого секретаря на последующий 5-летний срок;
7. Выборы Центрального Правления на последующий 5-летний срок;
8. Выборы Президиума Центрального правления на последующий 5-летний срок;
9. Выборы контрольно-ревизионной комиссии на последующий 5-летний срок;
10. Принятие Решения конференции об основных направлениях деятельности Общества на 2022–2027 гг.

Анкету делегатов и предложения по кандидатурам в состав Центрального правления и Президиума НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова направлять по e-mail: spntokrylov@mail.ru до 25 сентября 2022 г.

Контактные телефоны: (812) 710 4011, (812) 315 5027. Факс: (812) 710 4040. ■



Н.Н. Нустымизев



Н.Н. Исанин



И.В. Горюнов



В.М. Пашин



В.А. Александров

24 сентября 2022 г. исполняется 50 лет со дня рождения Константину Николаевичу Куликову, генеральному директору АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро (НИПТБ) «Онега», одного из ведущих проектно-технологических организаций в российской судостроительной промышленности.

Бюро было основано в 1975 г. для решения задач ремонта атомных подводных лодок (АПЛ). Для технического сопровождения ремонта АПЛ на Дальнем Востоке в 1976 г. создан Дальневосточный филиал НИПТБ «Онега» в г. Большой Камень.

Константин Николаевич Куликов родился в г. Северодвинск, в 1995 г. окончил СевмашВТУЗ по специальности «судовые энергетические установки».

Начал свою трудовую деятельность на машиностроительном предприятии «Звездочка» (г. Северодвинск) в 1990 г., где работал слесарем-монтажником судовым. С 1994 г. начал трудиться в должности инженера-конструктора в НИПТБ «Онега», затем главным инженером и генеральным директором.

Под руководством К. Н. Куликова бюро прочно заняло позицию одного из ведущих предприятий АО «ОСК» в области технологии судоремонта, добившись хороших результатов по ряду важнейших направлений.

НИПТБ «Онега» активно участвует в реализации ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» как в качестве головного исполнителя НИОКР по государственным контрактам с Минпромторгом России, так и в качестве соисполнителя по договорам с ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», НИИ «Лот», АО «ЦТСС», АО «ЦС «Звездочка», АО «51 ЦКТИС».

В рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» завершено создание экспериментально-стендовой базы НИПТБ «Онега». В настоящее время с использованием этой базы НИПТБ «Онега» успешно освоено проведение испытаний электролизеров систем защиты от биообрастания АПЛ. В 2020 г. химико-технологическая лаборатория бюро прошла аккредитацию в Федеральной службе по аккредитации.

Совместным решением Минобороны и Минпромторга России НИПТБ «Онега» определено головной организацией по разработке документации для ремонта подводных лодок и глубоководных технических средств.

В 2020 г. в соответствии с программой образования корпоративных центров компетенции создан филиал НИПТБ «Онега» – «ОСК-Интерьер». В 2021 г. выполнены первые поставки изделий судовой мебели и элементов интерьера судовых помещений.

К 50-ЛЕТИЮ К.Н. КУЛИКОВА

Центральное правление РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. (812) 710 4011



К. Н. Куликов инициировал получение лицензии Госстроя России и возглавил новое направление деятельности НИПТБ «Онега» – архитектурно-строительное проектирование. Под его руководством и при непосредственном участии в НИПТБ «Онега» создана и поддерживается в актуальном состоянии сертифицированная система менеджмента качества.

По его инициативе в бюро с внедрения систем автоматизации инженерного и делового документооборота началась комплексная автоматизация и цифровизация всех процессов бюро. С 2018 г. получило развитие проектирование и участие в строительстве гражданских судов под заданную стоимость. Реализуется строительство пассажирского судна «Соталия». В 2021 г. заключен договор с АО «Машпромлизинг» на строительство судна «Иния».

Константин Николаевич возглавил в бюро практику выполнения инициативных исследований и разработок, направленных на создание перспективных образцов техники, прорывных технологий, определение перспективных направлений деятельности и потребителей.

С 1995 г. Константин Николаевич принимает участие в качестве одного из ведущих специалистов в проектах создания, ремонта и реконструкции объектов обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом на предприятиях «Звездочка» и «Звезда».

Наряду с решением задач по традиционным направлениям К. Н. Куликов реализует задачи поиска новых направлений деятельности, которые смогут

обеспечить устойчивое развитие бюро. Предприятие реализовало ряд контрактов, заключенных по итогам конкурентных процедур с предприятиями концернов «Роснефть», «Росэнергоатом», компании «Газпром-нефть» и ГК «Росатом».

Под руководством Константина Николаевича специалистами был разработан национальный стандарт ГОСТ Р «Аддитивные технологии. Подтверждение качества и свойств изделий для судостроения и морской техники».

Благодаря лидерским качествам Константина Николаевича, в бюро активно развивается производственная система ОСК, подано более 400 инновационных предложений, реализовано 17 проектов производственной системы с экономическим эффектом 24 млн. руб. Проект «Оптимизация процесса разработки принципиальных технологий ремонта кораблей и судов» с экономическим эффектом в 2,5 млн. руб. занял второе место на конкурсе проектов среди проектно-конструкторских бюро.

К. Н. Куликов имеет ученую степень кандидата технических наук. Совмещает свою работу с деятельностью ученого секретаря Научно-технического совета ОСК и доцента кафедры «Судовых энергетических установок» СевмашВТУЗа (по совместительству).

Константином Николаевичем подготовлено более 140 научных публикаций. Он – соавтор 40 действующих патентов и свидетельств НИПТБ «Онега».

К. Н. Куликов – высокопрофессиональный специалист, отлично знающий производство, перспективно мыслящий руководитель. Принимает активное участие в общественной жизни, поддерживает деятельность Межрегионального общественного Ломоносовского фонда, Архангельской региональной организации НТО им. акад. А. Н. Крылова.

Имеет 14 государственных и ведомственных наград, награжден медалью «300 лет Российскому флоту», знаком отличия «За международное сотрудничество в атомной области», ему присвоено звание «Почетный судостроитель».

РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова поздравляет Константина Николаевича с юбилеем и желает ему здоровья, благополучия, новых интересных проектов, плодотворной работы на благо отечественного судостроения.

Редсовет, редколлегия и редакция журнала «Морской вестник» присоединяются к поздравлениям и желают юбиляру дальнейших творческих успехов! ■

21–22 июля в Санкт-Петербурге прошла 52-я (летняя) ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания, посвященная 350-летию со дня рождения Петра Великого.

Торжественные мероприятия в честь юбилейной даты начались с заседания Совета ассоциации Морских Собраний России, которое состоялось 21 июля 2022 г. в конференц-зале СПб МС. Члены Совета поддержали инициативу об установке памятной доски председателю СПб МС с 1995 по 2021 г. Н. В. Орлову на фасаде здания СПб МС.

В рамках проведения ассамблеи 22 июля в Петропавловском соборе, усыпальнице русских императоров, председатель СПб МС С. Н. Ирютин, первый заместитель председателя СПб МС контр-адмирал А. В. Щербицкий и старшины Собрания отдали воинские почести и возложили цветы к могиле основателя российского регулярного флота императора Петра Великого.



Возложение цветов к могиле императора Петра Великого

Затем делегация Собрания проследовала на катере к устью Невы для традиционного возложения на воду памятного венка «Воинам Петра I и строителям града Петрова от благодарных потомков».



Возложение на воду памятного венка «Воинам Петра I и строителям града Петрова от благодарных потомков»

52-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

И.А. Лещенко, пресс-секретарь Санкт-Петербургского Морского Собрания, контакт. тел. (812) 312 7092

Вечером того же дня в Государственной резиденции К-2 на Каменном острове Санкт-Петербурга открылась ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрания. Гостей встречали председатель и дежурные старшины Собрания.

Традиционно открыли ассамблею солисты Мариинского театра с концертом, посвященным знаменательной дате. В их великолепном исполнении прозвучали классические арии, песни на стихи русских поэтов, а также песни о море и морской службе.



Духовник Собрания протоиерей отец Богдан (Сойко) поздравляет участников ассамблеи

тронной почте. Тем не менее план проведения мероприятий был выполнен полностью, 51-ю ассамблею Морского Собрания удалось провести 18 февраля 2022 г.

С 21 по 23 мая 2022 г. по инициативе СПб МС и Государственной транспортной лизинговой компании прошли торжественные мероприятия по присвоению имени «Николай Орлов» сухогрузному теплоходу пр. RSD 59 в Николо-Богоявленском морском соборе в Петербурге и на заводе «Красное Сормово» в Нижнем Новгороде.

В связи с 350-летием со дня рождения Петра Великого, основателя Российского регулярного военно-морского флота Собрание содействовало проведению ряда региональных программ: Паруса Плещеева озера, Псковская парусная регата, а также мероприятий, приуроченных к 220-летию со дня рождения адмирала П. С. Нахимова – Всероссийский Нахимовский фестиваль.

Старшина Морского Собрания О. И. Грызлов, назначенный приказом ответственным за связи с Мариуполем, одним из первых организовал поставку туда грузов. Кроме того, СПб МС была оказана помощь Донбассу – передана в библиотеки детские книги (при этом нельзя не отметить роль НПО «Специальные материалы» и лично его генерального директора – генерального конструктора, члена-корреспондента РАН, академика РАН, заслуженного деятеля науки РФ М. В. Сальникова). Подобная помощь будет оказана и ЛНР. В День работников морского и речного флота были вручены награды Морского Собрания в портах Мариуполя, Росто-

ва-на-Дону, Нижнего Новгорода, Санкт-Петербурга.

По представлению флотов ко Дню ВМФ будут награждены офицеры и рядовой состав, отличившиеся в ходе боевых действий.

СПб МС продолжает оказывать материальную поддержку ветеранам Великой Отечественной войны и ВМФ, воинским частям и соединениям ВМФ РФ и Ленинградской военно-морской базы, военно-морским и морским учебным заведениям нашего города и морским учреждениям.

В течение всего отчетного периода награды и ценные подарки были вручены многим ветеранам ВМФ, представителям предприятий, воинских частей и учреждений ВМФ, ФСБ и иных ведомств, выпускникам морских вузов Санкт-Петербурга, ВУНЦ ВМФ, нахимовцам, юнармейцам Севастополя.

Морское Собрание продолжает вести историческую исследовательскую работу и издательскую деятельность. Выпущены десятки книг по истории ВМФ. С 2014 г. для подрастающего поколения издается детская серия книг «Морская слава России», посвященная самым ярким победам отечественного флота. Первая книга серии была выпущена в канун 300-летия первой морской победы Российского флота – Гангутской битвы – «Гангут. 1714». Всего за эти годы вышло 14 книг серии. Изданы книги к 350-летию Петра I «Петровские виктории», к 220-летию П. С. Нахимова «П. С. Нахимов».

Активно работают секции СПб МС и в этом году, например, секция капитанов Балтики; продолжает исследования старшина МС, председатель Геральдического совета при Президенте РФ государственный герольдмейстер, заместитель директора Государственного Эрмитажа Георгий Вилинбахов.

В завершении официальной части С. Н. Ирютин пожелал всем присутствующим крепкого здоровья, счастья, активной плодотворной работы во славу Родины и Флота, веры в их достойное будущее. Далее состоялось награждение орденами, медалями и знаками СПб МС.

Члены СПб МС вносят значительный вклад в развитие военно-морского флота, морского и речного транспорта, создание новых образцов кораблей и их оружия, судов для развития экономического потенциала в Арктике, Антарктике и во всех районах Мирового океана, возрождают рыболовный и траулерный флот, участвуют в воспитании молодого поколения.

В ознаменование Дня ВМФ России и в связи с 350-летием со дня рождения Петра I в соответствии с Уставом, Положением о наградах решением Совета старшин награждены:

золотым знаком «За 25 лет безупречной службы в СПб МС» почетные старшины:

- В. Л. Александров,
- Ю. Л. Боков,
- Б. Е. Богданов,
- Ю. В. Бельшев,
- В. П. Иванов,
- Ю. М. Халиуллин,
- А. В. Яловенко;

ценным подарком – кубком «Морская стихия»:

- Г. А. Фокин, старшина МС, генеральный директор ООО «Газпром трансгаз СПб»;

холодным оружием – кортиком «В НАГРАДУ»:

- А. Л. Кашин, старшина МС, зам. ген. директора по науке НПО «Завод «Волна»;

золотым знаком «За 20 лет безупречной службы в СПб МС»:

- А. В. Кременчугский, член МС,
- В. И. Мироненко, члена МС, ген. директор фирмы «Электромонтаж»,
- В. Л. Васюков, член МС, ст. науч. сотрудник ООО «НПП «Радар-ММС»;

золотым знаком «За 15 лет безупречной службы в СПб МС»:

- С. С. Пустынников, член МС, ген. директор НПО «Пожарная автоматика сервис»,
- П. П. Паринов, член МС (и в связи с 65-летием со дня рождения);



Награждение члена СПб МС П. П. Паринова

золотым знаком «За 10 лет безупречной службы в СПб МС»:

- М. В. Малюшин, член МС, ген. директор ООО «Судоходная компания «Виллой»;
- орденом «За заслуги» 1-й степени:**
- М. В. Сальников, член МС, ген.

директор АО «НПО «Специальные материалы»,

- И. В. Вильнит, член МС, ген. директор АО ЦКБ «МТ «Рубин»;

орденом «За заслуги»:

- В. С. Кожевников, член МС, коммерческий директор АО «Морские навигационные системы»;

орденом «За воинскую доблесть» 1-й степени:

- А. А. Журавлев, генерал-полковник, командующий ЗВО РФ;

орденом «За заслуги в морской деятельности» 1-й степени:

- И. С. Суховинский, старшина МС, директор ООО «Винета»,
- И. Е. Золотых, член МС, капитан порта «Усть-Луга» ФГБУ «АМП Балтийского моря»,

- А. Н. Груненишев, член МС, директор АНО «Псковская парусная регата»;

орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й степени:

- Р. Ш. Нехай, член МС, директор «Центрального военно-морского музея»,
- С. В. Литвинов, старшина МС, гл. гос. таможенный инспектор Балтийской таможни,

- А. Е. Суриков, член МС, капитан порта «Приморск»,

- А. Я. Шевцов, капитан морского порта «Калининград»,

- О. В. Игнасьук, капитан 1 ранга, начальник ВМИ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,

- Н. В. Довбешко, капитан 1 ранга, начальник ФГКОУ «Кронштадтский морской кадетский военный корпус»;

орденом «За трудовую доблесть»

1-й степени:

- Г. В. Анцев, член МС, ген. директор НПП «Радар ммс»;

медалью имени Петра I:

- А. В. Иванов, член МС, председатель СПб коллегии адвокатов «Паритет»,

- А. Б. Волков, член МС, капитан морского порта «Большой порт СПб»,

- Р. С. Сергеев, член МС, ст. преподаватель, водолазный специалист кафедры водолазной подготовки и судоподъема ВМП ВУНЦ ВМФ «ВМА»;

- М. Б. Рыбин, член МС, директор по эксплуатации флота ООО «Таганрогский Танкерный Флот»,

- А. В. Клименко, капитан 1 ранга, начальник ВМП ВУНЦ ВМФ «ВМА»,

- А. В. Леонтьев, сотрудник ВУНЦ ВМФ «ВМА»;

медалью имени П. С. Нахимова:

- Э. А. Гайфутдинов, зам. начальника управления Президента РФ по развитию информационно-коммуникационных технологий и инфраструктуры связи. ■

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутонные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутонных, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.039.629.5 **Ключевые слова:** базовый тральщик, шифр «Яхонт», Западное ПКБ, технический проект, корабль противоминной обороны

А.В. Шляхтенко, А.В. Калинин. «Яхонтам» – 50 лет //Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 1

О создании корабля противоминной обороны – базового тральщика пр.1265 «Яхонт» и его модификаций, которые успешно несут службу в составе всех флотов и Каспийской флотилии России и флотов ряда иностранных государств. Особое внимание уделено вооружению тральщика, проведению испытаний, а также участию судостроительного завода «Авангард» в г. Петрозаводск и Владивостокского судостроительного завода в их серийной постройке. Ил. 10.

УДК 623.8 **Ключевые слова:** надводный корабль, эскадренный миноносец, проектирование

О.В. Третьяков, Д.Ю. Литинский. Развитие эскадренных миноносцев Военно-морских сил Народно-освободительной армии Китая. Часть 1//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 12

Рассмотрена эволюция одного из подклассов кораблей охраны ВМС НОАК – эскадренных миноносцев 2-го – 4-го поколения – пр. 052 и пр. 055, спроектированных без использования технической помощи Советского Союза. Определены основные факторы, влиявшие на формирование концепции кораблей и стратегию разработок оружия, вооружения и технических средств, а также значение их закупок за рубежом и политика локализации и импортозамещения. Проанализирована рациональность основных проектных решений, целесообразность применения концепции «базовой платформы» с поэтапным внедрением новых систем вооружения, рассмотрен состав вооружения корабля пр. 055, выполнена оценка достоверности информации о его тактико-технических элементах. Ил. 27. Библиогр. 8 назв.

УДК 338.45 **Ключевые слова:** санкции, импортозамещение, судостроительная промышленность, развитие судостроения, судовое комплектующее оборудование, электронная компонентная база, программное обеспечение, сервисное обслуживание, научные исследования и разработки

В.В. Дударенко, Л.М. Клячко. Санкции и импортозамещение в судостроительной промышленности//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 19

Рассмотрены проблемы, возникшие вследствие введения санкций в отношении отечественной судостроительной промышленности. Авторы предлагают разработать первоочередные мероприятия по демпфированию последствий введенных санкций, такие как необходимость дальнейшего расширения государственных преференций для обеспечения экономической привлекательности строительства судов на отечественных верфях, разработка новой редакции Стратегии развития судостроительной промышленности, реализации федерального проекта «Беспилотная Арктика», ускоренное импортозамещение судового комплектующего оборудования, увеличение ассигнований на НИОКР и др.

УДК 629.123 **Ключевые слова:** судостроение, анализ состояния, стратегия развития, модернизация, государственная поддержка, импортозамещение

О.В. Савченко, В.Н. Половинкин. Размышления о состоянии и перспективах развития отечественного гражданского судостроения. Часть 2//Морской вестник.

2022. № 3 (83). С. 26

Рассмотрены проблемы современного состояния и развития отечественной судостроительной промышленности. Показана практическая невозможность силами отечественных предприятий удовлетворить потребности внутреннего рынка в гражданских судах и специальной морской технике до 2035 г. из-за организационных и технологических проблем. Затронуты вопросы локализации и импортозамещения. Ил. 3. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.12.001.2 **Ключевые слова:** постройка корпуса, средства измерения, сборочный стенд, лекала сборочной постели, плазменный шаблон, разметка и контуровка, контуровочный эскиз, лазерный проектор, тахеометр, трекер

А.А. Кутенев, М.М. Корзин, А.Б. Фомичев, М.Ю. Щигорцов. Применение современных средств измерения и проектирования в корпусостроении//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 30

Представлен обзор цифровизации корпусного производства, прежде всего применения современных средств высокоточных измерений и сокращения бумажных форм представления конструкторско-технологической документации для корпусных работ. Приведены основные виды оборудования для измерений и выполнения разметочных работ и области их использования в судостроении. Т. 4. Рис. 7. Библиогр. 3 назв.

УДК 593.3 **Ключевые слова:** иллюминатор, стекло-элемент, обоймы, обжимная шайба, вспомогательный конический элемент

В.П. Лянзберг, Н.М. Вихров. Иллюминаторы высокого давления – учет взаимного смещения элементов в конструкции. Часть 1//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 35

Изложены результаты проведенных экспериментальных исследований, которые подтвердили, что точное определение геометрических параметров обоймы и вспомогательного конического элемента совместно создают необходимое напряженное состояние стеклоэлемента и существенно увеличивают рабочее давление и надежность иллюминаторов. Рис. 7. Библиогр. 38 назв.

УДК 65.011.8 **Ключевые слова:** поставщик, судовое комплектующее оборудование, постановка на производство, межведомственные испытания, межведомственная комиссия

Е.А. Борисов, А.Н. Попов, К.А. Голубев, С.А. Гейко. Методы создания конкурентной среды между поставщиками судового комплектующего оборудования//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 41

Проанализирована проблематика создания конкурентной среды поставщиков судового комплектующего оборудования и материалов, предложены меры, позволяющие существенно упростить постановку изделий на производство. В статье не рассматриваются способы поиска альтернативных поставщиков материалов и судового комплектующего оборудования, а освещаются проблемы, с которыми сталкиваются потенциальные поставщики при освоении производства новой продукции, и возможные пути их решения.

УДК 629.5:624.15:624.042.3:620.193 **Ключевые слова:** коррозионный износ, судовые фундаменты, изгиб пластины, напряжения, расчет прочности

И.В. Николаев. О влиянии коррозионного износа на прочностные свойства судовых фундаментов под вспомогательные механизмы//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 43

Рассмотрены основные расчетные формулы для расчета изгиба пластин. Исследован характер влияния коррозионного износа листовых элементов фундамента на возникающие в них напряжения. Полученные результаты могут быть полезны при оценке технического состояния фундаментов надводных судов и кораблей ВМФ, а также для прогнозирования их прочностных свойств в течение заданного срока эксплуатации. Ил.1. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5.081 **Ключевые слова:** размерный контроль, чистый размер, судометрика, электронная геометрическая модель

К.О. Будников. Исследование технологии сборки корпусных конструкций с применением электронной модели и электронно-оптических измерительных систем//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 47

Рассмотрена технология сборки корпусных конструкций путем анализа взаимосвязей между геометрическими элементами в электронных геометрических моделях и измерениями. Геометрическая модель помогает процессу размерного контроля, определяя на начальном этапе набор геометрических связей и их номинальное расположение. Ил.1. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.436:621.438 **Ключевые слова:** военно-морской флот, боевые надводные корабли, перспективные боевые корабли, корабельные энергетические установки, направления развития энергетических установок

В.В. Барановский, П.Г. Печковский. Обоснование направлений развития и совершенствования энергетических установок перспективных боевых надводных кораблей. Часть 2//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 50

Выполнен анализ направлений развития и совершенствования корабельных энергетических установок (ЭУ), создаваемых на основе дизельных и газотурбинных двигателей, для перспективных боевых надводных кораблей. Анализируются технические решения по развитию корабельных ЭУ военно-морских флотов ведущих морских держав и РФ. Ил. 8. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** машина рулевая, успокоитель качки, механизм, кран судовой, насос, момент крутящий, вертолет

Ю.В. Копытов, Д.В. Суслов. Развитие проектирования и производства рулевых машин, механизмов силовых приводов успокоителей качки, судовых кранов и устройств транспортировки корабельных вертолетов//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 59

Описана история создания в ЗАО «ЦНИИ СМ» рулевых машин, успокоителей качки, судовых кранов и комплексов УХПТВ и УХПТ. Раскрыта последовательность изменения характеристик рулевых машин, предназначенных как для надводных кораблей и судов, так и для подводных лодок. Даны характеристики механизмов силовых приводов успокоителей качки, а также представлены типоряды судовых кранов и комплексов УХПТВ и УХПТ. Т. 4. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** надежность, резервирование, судовое энергетическое оборудование, теплообмен, герметичность

А.Е. Васильев, В.И. Черненко. Технологическое резервирование – новый принцип обеспечения надежности высокоответственного судового энергетического оборудования при минимальной стоимости его изготовления//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 63

Проанализирована проблема надежности судового энергетического оборудования, в частности, теплообменного оборудования. Авторы считают, что при использовании резервных технологических приемов можно добиться изменения закона распределения функционального показателя во времени так, чтобы в пределах обеспечиваемого или обеспечиваемых параметров вероятность отказа стремилась бы к нулю. Библиогр. 3 назв.

УДК 66.074.5 **Ключевые слова:** морской подводный объект (МПО), абсорбер, морская вода, газовый пузырек, скорость всплытия, растворение, углекислый газ, вязкая жидкость, массовое газосодержание, объемное газосодержание, закон распределения, поверхностно-активные вещества (ПАВ)

А.Н. Дядик, Н.П. Малих, К.В. Долгий. Использование эжекторного сатуратора для растворения углекислого газа//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 65

Представлена математическая модель расчета процесса растворения газовых пузырьков в морской воде, прокачиваемой через объем абсорбера. Необходимость создания такой модели диктуется сложностью процессов растворения пузырьков, составляющих двухфазную смесь, в корпусе абсорбера. Удаление углекислого газа через поверхность газовых пузырьков в большой степени зависит от коэффициента массоотдачи на поверхности раздела фаз. В свою очередь, коэффициент массоотдачи определяется величиной диффузии газа в пузырьки и жидкости. Диффузия газов в газовой среде на несколько порядков выше, чем в жидкости. Однако ее величина сильно зависит от давления газов, с ростом которого диффузия замедляется. На основании разработанной теории всплытия одиночного газового пузырька получены расчетные формулы для определения скоростей в газовой эмульсии. Показано, что использование формул для расчета скоростей пузырьков в эмульсии затруднительно, поскольку требует определения величины скольжения газовых пузырьков относительно жидкой фазы. Ил.3. Библиогр.8 назв.

УДК 621.438:620.193 **Ключевые слова:** долговременная прочность металлов, коррозионная прочность металлов, удельная прочность металлов, модуль удельной прочности металлов

А.З. Багерман, С.А. Заводов, А.А. Живушкин, И.П. Леонова. Прогнозирование изменения долговременной прочности жаропрочных никелевых сплавов в результате сульфидно-оксидной коррозии без испытаний//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 69

Разработан расчетный модуль удельной прочности металлов (МПа/г) Ni, Cr, Co, Mo, W, Ti, Al, Fe, Nb с учетом коррозионных испытаний и свойств удельной прочности, которая остается неизменной в различных по составу никелевых сплавах при одинаковых температурах. Разработано правило оценки долговременной прочности сплава по прочности составляющих его чистых металлов. Т. 6. Библиогр. 5 назв.

УДК 681.5.015.26 **Ключевые слова:** технология экспериментальной обработки, полунатурное моделирование, комплекс бортового управления, «электронный полигон».

А.Н. Попадкин, Ю.Ф. Подоплёкин, В.В. Морозов, В.В. Каманин. Применение новых информационных технологий для оценки эффективности корабельных комплексов военной техники//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 73

Рассмотрены возможности и круг задач, решаемых с помощью стендов полунатурного моделирования, созданных АО «Концерн «Гранит-Электрон». Описана концепция технологии обработки перспективных образцов корабельных комплексов военной техники на «электронном полигоне», обеспечивающая повышение обоснованности решений, принимаемых на этапах проектирования образца, а также сокращение объемов испытаний, сроков и стоимости их проведения. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 004.021:004.422 **Ключевые слова:** интегрированные автоматизированные системы управления (ИАСУ), базы данных (БД), информационные коммуникации в ИАСУ

А.Н. Зайцев, С.Н. Сметков. Информационные коммуникации в интегрированных автоматизированных системах управления//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 77

Посвящена организации внутренних коммуникаций при проектировании интегрированных (комплексных) автоматизированных систем управления (ИАСУ). Ядром любой ИАСУ может стать специальное системное программное обеспечение (ССПО), обеспечивающее ее высокий модернизационный потенциал, развитие и совершенствование на всем жизненном цикле. Ил. 9. Библиогр.7 назв.

УДК 656.61 **Ключевые слова:** стенд, сертификация, авторулевой, электронная картографическая навигационная информационная система, автономная навигационная система, навигационные задачи, система координированного управления

А.С. Корнев, А.С. Скрыпка, С.П. Хабаров. Универсальный испытательный стенд для бортовых систем//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 83

Кратко описаны структура аппаратной и программной части универсального испытательного стенда, который используется для сертификации бортовых систем, разрабатываемых компанией АО «Ситроникс КТ». Данный стенд разработан на основе программных модулей, которые позволяют собирать требуемое программное обеспечение стенда с помощью заполнения конфигурационных файлов. Т. 1. Ил. 7. Библиогр. 8 назв.

УДК 620:691 **Ключевые слова:** безопасность системы, опасное состояние системы, технический риск, ожидаемый ущерб, надводный корабль ВМФ, сложная техническая система, схема функциональной целостности, моделирование корабельного пожара

П.А. Зубков. Оценка противопожарной безопасности корабельных помещений с использованием программных средств автоматизированного структурно-логического моделирования. Часть 2//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 86

Раскрыты основные возможности применения логико-вероятностных методов при оценке противопожарной безопасности корабельных помещений. Проиллюстрированы основные результаты использования аппарата логико-вероятностных методов в совокупности с математической моделью развития пожара в помещениях, которые позволяют количественно оценить вероятностные характеристики противопожарной безопасности этих помещений в зависимости от используемых материалов. Т. 3. Ил.10. Библиогр. 11 назв.

УДК 629.5.066.366 **Ключевые слова:** звукоинформационные средства, тифон, звуковое давление, электродинамическая головка

В.С. Кожевников, И.А. Гаврилов. Тифоны электрические ТЭС-20 и ТЭС-75 разработки АО «МНС»//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 95

Приведено описание тифонов судовых электрических ТЭС-20 и ТЭС-75, разработанных и серийно выпускаемых АО «МНС». Оба тифона имеют Свидетельства о типовом одобрении Российского морского регистра судоходства. Ил. 6. Библиогр.2 назв.

УДК 626.02 **Ключевые слова:** водолазная техника, стандартизация, технический комитет, национальная система стандартизации, программа национальной стандартизации, сертификация

В.Н. Илюхин. Стандартизация водолазной техники. Актуальные аспекты//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 97

Рассмотрены актуальные аспекты состояния стандартизации водолазной техники как одного из видов судового аварийно-спасательного оборудования и как средств для выполнения подводно-технических и водолазных работ. Раскрыта роль профильного технического комитета по стандартизации ТК416 «Гипербарическая техника» при формировании и реализации программы национальной стандартизации в закреплённой области деятельности. Сформулированы ключевые направления стандартизации водолазной техники в современных условиях. Ил.2. Библиогр. 10 назв.

УДК 62-519; 629.127; 654.1; 656.6; 334.02 **Ключевые слова:** ледовые условия, подводный транспорт, обитаемые подводные

аппараты, системы подводной связи и навигации

Д.А. Скорыходов, В.И. Комашинский, В.И. Поленин, С.В. Бобрышев. Подводный транспорт для Арктической зоны Российской Федерации//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 102

Рассмотрена проблема транспорта в условиях Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Отмечено, что ключевой технологической основой сегодня является создание и развитие подводного транспорта и его интеграция в мультимодальную транспортную систему в качестве пятой транспортной моды. Подводный транспорт в условиях АЗРФ способен выполнять задачи, недоступные для других транспортных систем. Основным типом подводных транспортных средств в АЗРФ должны стать обитаемые подводные аппараты (НПА), применение которых не связано с риском для человеческой жизни. Главная проблема для применения АНПА при наличии ледового покрова состоит в сложности обеспечения энергоинформационных связей с окружающей средой и внутри самой подводной транспортной системы. Показана возможность решения этой проблемы с помощью промышленных трассоискателей, облегчающих маршрутную ориентацию НПА по трассе подводных трубопроводов и кабелей. Ил.4. Библиогр. 9 назв.

УДК 656.614.32 **Ключевые слова:** штабель, ярус, крепление, найтов, запас прочности

Г.А. Пелехов. Расчет необходимого количества найтов для поярусного и монолитного крепления и их сравнительный анализ//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 105

Приведены сравнительные расчеты необходимого количества найтов для крепления одного и того же штабеля разными способами. При замене схемы крепления для одной и той же части штабеля коэффициент запаса прочности повышается практически в два раза, а при поярусном креплении пакетированные пиломатериалы вдвое устойчивее к внешним воздействиям, чем при креплении монолитом. Т. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 623.8 **Ключевые слова:** военная реформа, военно-морской флот, институт военного кораблестроения, «большой флот», кораблестроительная программа, 1-й ЦНИИ Министерства обороны СССР, океанский ракетно-ядерный флот

О.В. Третьяков. К 90-летию Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения ВМФ//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 107

Посвящена 90-летней годовщине создания в нашей стране специализированного научного учреждения, с момента своего создания в 1932 г. активно участвующего в строительстве военно-морского флота. Приведена информация о специалистах, принявших активное участие в деятельности организации, обозначены главные проблемы, стоявшие перед военными учеными, представленные итоги их реализации. Ил. 14.

УДК 623.8. **Ключевые слова:** подводная лодка, самонаводящаяся акустическая торпеда, Минно-торпедное управление, Научно-исследовательский минно-торпедный институт

В.Н. Половинкин, С.В. Федулов, В.В. Беляков, В.Э. Руденко. Изучение германской самонаводящейся акустической торпеды T-V//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 113

В годы Второй мировой войны германские подводные лодки были оснащены новым типом минно-торпедного вооружения – самонаводящимися акустическими торпедами, наносившими чувствительные удары по морским конвоям союзников. В статье показано каким образом были получены и как изучались советскими специалистами данные торпеды. Ил. 8. Библиогр. 19 назв.

УДК 394.011 **Ключевые слова:** статус, штурманская служба, словословный подход, комплектование, номенклатура чинов, табель о рангах

И.В. Меркулов. Служебное положение и социальные перспективы штурманов в XVIII – XIX веках. (По следам юбилея штурманской службы ВМФ России)//Морской вестник. 2022. № 3 (83). С. 117

Приведено описание правового и социального положения штурманов отечественного флота в XVIII–XIX вв. – от отдельного корпуса штурманов флота до замещения их должностей линейными офицерами. Т. 1. Ил. 5.

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 621.039.629.5 **Keywords:** basic minesweeper, code «Yakhont» Western Design Bureau, technical design, mine defense ship

A.V. Shlyakhtenko, A.V. Kalinin. «Yakhont's» – 50 years//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 1

On the creation of a mine defense ship – the base minesweeper project 1265 «Yakhont» and its modifications, which successfully serve in all fleets and the Caspian flotilla of Russia and the fleets of a number of foreign states. Particular attention is paid to the armament of the minesweeper, testing, as well as the participation of the Avangard Shipbuilding Plant in Petrozavodsk and the Vladivostok Shipbuilding Plant in their serial construction. Fig. 10.

UDC 623.8 **Keywords:** surface ship, destroyer, design, Navy of the People's Liberation Army

O.V. Tret'yakov, D.Yu. Litinsky. The development of destroyers of the Navy of the People's Liberation Army of China. Part 1 //Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 12

The evolution of one of the subclasses of the PLA Navy escort ships – destroyers of the 2nd – 4th generation – pr. 052 and pr. 055, designed without the use of technical assistance from the Soviet Union, is considered. The main factors that influenced the formation of the concept of ships and the strategy for the development of weapons, weapons and technical means, as well as the importance of their purchases abroad and the policy of localization and import substitution are determined. The rationality of the main design decisions, the feasibility of using the concept of the «base platform» with the phased introduction of new weapons systems are analyzed, the composition of the armament of the ship pr. 055 is considered, and the reliability of information about its tactical and technical elements is assessed. Fig. 27. Bibliography 8 titles.

UDC 338.45 **Keywords:** sanctions, import substitution, shipbuilding industry, development of shipbuilding, ship components, electronic component base, software, service, research and development

V.V. Dudarenko, L.M. Klyachko. Sanctions and import substitution in the shipbuilding industry//Morskoy Vestnik. 2022. № 3 (83). P. 19

The problems that have arisen as a result of the introduction of sanctions against the domestic shipbuilding industry are considered. The authors propose to develop priority measures to dampen the consequences of the imposed sanctions, such as the need to further expand state preferences to ensure the economic attractiveness of shipbuilding at domestic shipyards, the development of a new version of the Shipbuilding Industry Development Strategy, the implementation of the federal project «Unmanned Arctic», accelerated import substitution of ship components, increase in allocations for R&D, etc.

UDC 629.123 **Keywords:** shipbuilding, state analysis, development strategy, modernization, government support, import substitution

O.V. Savchenko, V.N. Polovinkin. Reflections on the state and prospects for the development of domestic

civil shipbuilding. Part 2//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 26

The problems of the current state and development of the domestic shipbuilding industry are considered. The practical impossibility of domestic enterprises to meet the needs of the domestic market in civil ships and special marine equipment until 2035 due to organizational and technological problems is shown. The issues of localization and import substitution were touched upon. Fig. 3. Bibliography 9 titles.

UDC 629.12.001.2 **Keywords:** hull construction, measuring instruments, assembly stand, patterns of the assembly bed, lofting template, marking and contouring, contour draft, laser projector, total station, tracker

A.A. Kutenev, M.M. Korzin, A.B. Fomichyov, M.Yu. Shchigortsov. Modern measurements tools in shipbuilding//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 30

The paper presents an overview of measures for the development of digitalization of shipbuilding. These measures cover the use of modern means of performing high-precision measurements and the reduction of paper forms for submitting design and technological documentation for hull works. The main types of equipment for measuring and marking works and their application in shipbuilding are given. T.4. Fig. 7. Bibliography 3 titles.

UDC 593.3 **Keywords:** porthole, glass element, clips, crimp washer, auxiliary conical element

V.P. Lyanzberg, N.M. Vikhrov. High pressure portholes – taking into account the mutual displacement of elements in the structure. Part 1 //Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 35

The results of experimental studies are presented, which confirmed that the precise determination of the geometrical parameters of the holder and the auxiliary conical element jointly create the necessary stress state of the glass element and significantly increase the working pressure and reliability of the windows. Fig. 7. Bibliography 38 titles.

UDC 65.011.8 **Keywords:** supplier, ship accessories, production start-up, interdepartmental testing, interdepartmental commission

E.A. Borisov, A.N. Popov, K.A. Golubev, S.A. Geiko. Methods for creating a competitive environment between suppliers of ship components//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 41

The problems of creating a competitive environment for suppliers of ship components and materials are analyzed, measures are proposed that can significantly simplify the production of products. The article does not consider ways to search for alternative suppliers of materials and ship components, but highlights the problems that potential suppliers face when mastering the production of new products, and possible solutions. Bibliography 2 titles.

UDC 629.5:624.15:624.042.3:620.193 **Keywords:** corrosion wear, ship foundations, plate bending, stresses, strength calculation
I.V. Nikolaev. On the effect of corrosion wear on the

strength properties of ship foundations for auxiliary mechanisms//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 43

The main calculation formulas for calculating the bending of plates are analyzed. The nature of the effect of corrosive wear of foundation sheet elements on the stresses arising in them has been studied. The results obtained can be useful in assessing the technical condition of the foundations of surface ships and ships of the Navy, as well as in predicting their strength properties during a given service life. Fig. 1. Bibliography 5 titles.

UDC 629.5.081 **Keywords:** dimensional control, sheer size, sudometry, electronic geometric model

K.O. Budnikov. Research of the technology of assembly hull structures using an electronic model and electronic optical measuring systems//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 47

The technology of assembling hull structures by analyzing the relationship between geometric elements in electronic geometric models and measurements is considered. The geometric model assists the dimensional control process by initially defining a set of geometric relationships and defining their nominal locations. Fig. 1. Bibliography 4 titles.

UDC 621.436:621.438 **Keywords:** navy, combat surface ships, promising combat ships, ship power plants, directions of development of power plants.

V.V. Baranovsky, P.G. Pechkovsky. Substantiation of directions for the development and improvement of power plants of promising combat surface ships. Part 2//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 50

The analysis of the directions of development and improvement of ship power plants (PP), created on the basis of diesel and gas turbine engines, for advanced combat surface ships is carried out. Technical solutions for the development of ship power plants of the navies of the leading maritime powers and the Russian Federation are analyzed. Fig. 8. Bibliography 9 titles.

UDC 629.12 **Keywords:** steering machine, stabilizer, mechanism, ship crane, pump, torque, helicopter

Yu.V. Kopytov, D.V. Suslov. Development of design and production of steering gears, mechanisms of power drives of stabilizers, ship cranes and devices for transporting ship helicopters//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 59

The history of the creation of steering gears, stabilizers, ship cranes and UHPTV and UHPT complexes at JSC CRIME is described. The sequence of changes in the characteristics of steering gears, designed both for surface ships and vessels, and for submarines, is disclosed. The characteristics of the mechanisms of the power drives of the stabilizers are given, as well as the types of ship cranes and complexes UHPTV and UHPT are presented. T. 4. Bibliography 9 titles.

UDC 629.12 **Keywords:** reliability, redundancy, ship power equipment, heat transfer, tightness

A.E. Vasiliev, V.I. Chernenko. Technological redundancy – a new principle of ensuring the reliability of

highly responsible ship power equipment at a minimum cost of its manufacture//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 63

The problem of reliability of ship power equipment, in particular, heat exchange equipment, is analyzed. The authors believe that when using backup technological methods, it is possible to achieve a change in the distribution law of a functional indicator in time so that, within the limits of the provided or provided parameters, the probability of failure would tend to zero. Bibliography 3 titles.

UDC 66.074.5 **Keywords:** marine underwater object (MSO), absorber, sea water, gas bubble, ascent rate, dissolution, carbon dioxide, viscous liquid, mass gas content, volumetric gas content, distribution law, surfactants

A.N. Dyadik, N.P. Malykh, K.V. Dolgy. Using an ejector saturator to dissolve carbon dioxide//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 65

A mathematical model for calculating the process of dissolution of gas bubbles in sea water pumped through the absorber volume is presented. The need to create such a model is dictated by the complexity of the processes of dissolution of bubbles that make up a two-phase mixture in the absorber body. The removal of carbon dioxide through the surface of gas bubbles depends to a large extent on the mass transfer coefficient at the interface. In turn, the mass transfer coefficient is determined by the diffusion of gas in the bubble and liquid. The diffusion of gases in a gas medium is several orders of magnitude higher than in a liquid. However, its value strongly depends on the gas pressure, with an increase in which diffusion slows down. On the basis of the developed theory of the ascent of a single gas bubble, calculation formulas were obtained for determining the velocities in a gas-water emulsion. It is shown that the use of formulas for calculating the velocities of bubbles in an emulsion is difficult, since it requires determining the magnitude of the sliding of gas bubbles relative to the liquid phase. Fig. 3. Bibliography 8 titles.

UDC 621.438:620.193 **Keywords:** long-term strength of metals, corrosion resistance of metals, specific strength of metals, modulus of specific strength of metals

A.Z. Bagerman, S.A. Zavodov, A.A. Zhivushkin, I.P. Leonova. Prediction of changes in the long-term strength of heat-resistant nickel alloys as a result of sulfide-oxide corrosion without testing//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 69

The calculation modulus of specific strength of metals (MP a/g) Ni, Cr, Co, Mo, W, Ti, Al, Fe, Nb has been developed taking into account corrosion tests and properties of specific strength, which remains unchanged in nickel alloys of different composition at the same temperatures. A rule has been developed for estimating the long-term strength of an alloy by the strength of its constituent pure metals. T. 6. Bibliography 5 titles.

UDC 681.5.015.26 **Keywords:** experimental development technology, semi-natural modeling, on-board control complex, «electronic range»

A.N. Popad'in, Yu.F. Podoplyokin, V.V. Morozov, V.V. Kamanin. Application of new information technologies to evaluate the efficiency of ship complexes of military equipment//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 73

The possibilities and range of tasks solved by the semi-natural simulation stands created in the JSC «Concern «Granit-Electron» are considered. The concept of technology for testing advanced models of shipborne military equipment systems at the «electronic testing ground» is described, which provides an increase in the validity of decisions made at the design stages of a sample, as well as a reduction in the scope of tests, the timing and cost of their implementation. Fig. 4. Bibliography 4 titles.

UDC 004.021:004.422 **Keywords:** integrated automated control systems (IACS), data-

bases (DB), information communications in IACS

A.N. Zaitsev, S.N. Smelkov. Information communications in integrated automated control systems//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 77

The article is devoted to the organization of internal communications in the design of integrated (complex) automated control systems (IACS). The core of any IACS can be a special system software (SSSS), which ensures its high modernization potential, development and improvement throughout the entire life cycle. Fig. 9. Bibliography 7 titles.

UDC 656.61 **Keywords:** stand, certification, autopilot, electronic cartographic navigation information system, autonomous navigation system, navigation tasks, coordinated control system

A.S. Korenev, A.S. Skrypa, S.P. Khabarov. Universal test bench for on-board systems//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 83

The structure of the hardware and software of the universal test bench, which is used for certification of on-board systems developed by Sitronics KT JSC, is briefly described. This bench is developed on the basis of software modules that allow you to assemble the required bench software by filling in configuration files. T.1. Fig. 7. Bibliography 8 titles.

UDC 620:691 **Keywords:** system safety, dangerous state of the system, technical risk, expected damage, naval surface ship, complex technical system, functional integrity scheme, ship fire simulation

P.A. Zubkov. Evaluation of fire safety of ship premises using software tools for automated structural and logical modeling. Part 2//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 86

The main possibilities of applying logical-probabilistic methods in assessing the fire safety of ship premises are disclosed. The main results of using the apparatus of logical-probabilistic methods in conjunction with a mathematical model of the development of a fire in premises are illustrated, which allow one to quantify the probabilistic characteristics of the fire safety of these premises, depending on the materials used. T. 3. Fig. 10. Bibliography 11 titles.

UDC 629.5.066.366 **Keywords:** sound signal means, typhon, sound pressure, electrodynamic head

V.S. Kozhevnikov, I.A. Gavrilov. Electric typhons TES-20 and TES-75 developed by MNS JSC//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 95

The description of typhons for marine electric TES-20 and TES-75, developed and mass-produced by MNS JSC, is given. Both typhons have Type Approval Certificates from the Russian Maritime Register of Shipping. Fig. 6. Bibliography 2 titles.

UDC 626.02 **Keywords:** diving equipment, standardization, technical committee, national standardization system, national standardization program, certification

V.N. Ilyukhin. Standardization of diving equipment. Actual aspects//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 97

The topical aspects of the state of standardization of diving equipment as one of the types of ship's rescue equipment and as a means for performing underwater technical and diving operations are considered. The role of the specialized technical committee for standardization TK416 «Hyperbaric technique» in the formation and implementation of the national standardization program in the assigned field of activity is disclosed. The key directions of standardization of diving equipment in modern conditions are formulated. Fig. 2. Bibliography 10 titles.

UDC 62–519; 629.127; 654.1; 656.6; 334.02

Keywords: ice conditions, underwater transport, uninhabited underwater ve-

hicles, underwater communication and navigation systems

D.A. Skorokhodov, V.I. Komashinsky, V.I. Polenin, S.V. Bobryshev. Underwater transport for the Arctic zone of the Russian Federation//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 102

The problem of transport in the conditions of the Arctic zone of the Russian Federation (AZRF) is considered. It is noted that the key technological basis today is the creation and development of underwater transport and its integration into the multimodal transport system as the fifth transport mode. Underwater transport in the Russian Arctic is capable of performing tasks that are inaccessible to other transport systems. The main type of underwater vehicles in the Russian Arctic should be uninhabited underwater vehicles (UUV), the use of which is not associated with a risk to human life. The main problem for the use of AUVs in the presence of ice cover is the difficulty of providing energy-information links with the environment and within the underwater transport system itself. The possibility of solving this problem with the help of industrial route finders, which facilitate the route orientation of ROV along the route of underwater pipelines and cables, is shown. Fig. 4. Bibliography 9 titles.

UDC 656.614.3 **Keywords:** stack, tier, fastening, lashings, margin of safety

G.A. Pelekhov. Calculation of the required number of lashings for tiered and monolithic fastening and their comparative analysis//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 105

Comparative calculations of the required number of lashings for fastening the same stack in different ways are given. When replacing the fastening scheme for the same part of the stack, the safety factor increases almost twice, and with tiered fastening, packaged lumber is twice as resistant to external influences than when fastened as a monolith. T. 1. Bibliography 3 titles.

UDC 623.8 **Keywords:** military reform, navy, institute of military shipbuilding, «large fleet», shipbuilding program, 1st Central Research Institute of the USSR Ministry of Defense, ocean-going nuclear missile fleet

O.V. Tret'yakov. To the 90th anniversary of the Research Institute of Shipbuilding and Armament of the Navy//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 107

Dedicated to the 90th anniversary of the establishment in our country of a specialized scientific institution, since its establishment in 1932, actively involved in the construction of the navy. Information is provided on the specialists who took an active part in the activities of the organization, the main problems facing military scientists are indicated, and the results of their implementation are presented. Fig. 14.

UDC 623.8 **Keywords:** Submarine, homing acoustic torpedo, mine and torpedo control, research Mine and Torpedo Institute

V.N. Polovinkin, S.V. Fedulov, V.V. Belyakov, V.E. Rudenko. Study of the German T-V homing acoustic torpedo//Morskoy vestnik. 2022. № 3 (83). P. 113

During the Second World War, German submarines were equipped with a new type of mine-torpedo armament – homing acoustic torpedoes, delivering sensitive strikes against Allied sea convoys. The article shows how these torpedoes were obtained and how they were studied by Soviet specialists. Fig. 8. Bibliography 19 titles.

UDC 394.011 **Keywords:** status, navigator's service, estate approach, staffing, nomenclature of ranks, table of ranks

I.V. Merkulov. Official position and social prospects of navigators in the 18th – 19th centuries. (In the wake of the anniversary of the navigator service of the Russian Navy)//Morskoy Vestnik. 2022. № 3 (83). P. 117

The description of the legal and social status of navigators of the domestic fleet in the XVIII–XIX centuries is given – from a separate corps of fleet navigators to the replacement of their positions by line officers. T.1. Fig. 5. Bibliography 20 titles.