

Морской



№ 4 (52)
декабрь
2014
ISSN 1812-3694

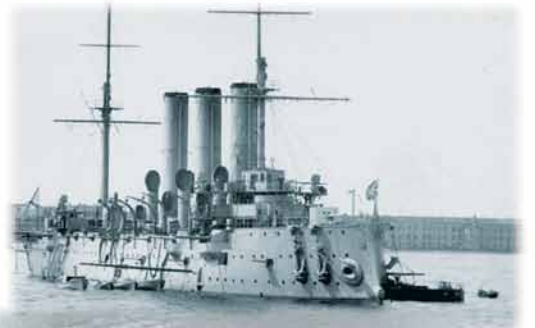
Вестник

Morskoy Vestnik



АДМИРАЛТЕЙСКИЕ
ВЕРФИ

310
лет





ЦМКБ «АЛМАЗ» - 65 ЛЕТ

*А. В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф.,
ген. директор – ген. конструктор ОАО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 373 8300*

К большинству созданных конструкторами ЦМКБ «Алмаз» боевых кораблей подходит определение «первый в мире». В их числе – ракетные катера «Комар» и «Оса», десантные корабли на воздушной подушке (ВП), ракетные корветы «Овод» и ракетный корабль на автоматически управляемых подводных крыльях (ПК) «Ураган», тральщик «Изумруд» с корпусом из композитных материалов и телеуправляемый тральщик «Алмаз». Наконец, это уникальный скеговый ракетный корабль на ВП «Сивуч».

Стремление к достижению высоких скоростей – «полету над водой» – всегда было одной из целей творчества ЦМКБ «Алмаз». Поскольку создавался боевой корабль, который должен был нести грозное оружие, при пректировании стремились придать кораблю характеристики, которыми не обладает противник: сохранять высокую скорость, преодолевая волны, обнаруживать врага раньше, чем он заметит атакующего, и пускать в ход «умное» оружие, когда противник считает это невозможным. И это удавалось «алмазовцам».

Их творчество всегда отличали новизна и нестандартность проектных решений. Создавая принципиально новые скоростные боевые корабли, зачастую ЦМКБ «Алмаз» шло по наиболее трудному пути, работая «с чистого листа», экспериментируя с новыми гидродинамическими схемами, идя на осознанный риск.

Начиналось это 65 лет назад, 22 октября 1949 г., когда приказом № 00896 Министерства судостроительной промышленности СССР при Ленинградском судостроительном заводе № 5 было создано специальное конструкторское бюро по проектированию торпедных катеров дальнего действия. С 1966 г. это – ЦМКБ «Алмаз».

Свою историю ЦМКБ ведет с начала 30-х гг. прошлого века, когда в СССР началось серийное строительство боевых катеров.

Созданная в 1923 г. в составе ОГПУ Морпогранохрана нуждалась в большом количестве катеров для охраны границы. Правительство принимает решение

о создании в Ленинграде современной верфи, предназначенной для постройки катеров Морпогранохраны. В феврале 1932 г. руководство ОГПУ согласилось с предложением создать на верфи конструкторское бюро. Уже через год по выпущенным бюро рабочим чертежам на верфи началась постройка «единных 100-тонных» пограничных катеров типа ГК.



Торпедный катер типа Д-3

В 1934 г. КБ разработало проект сторожевого пограничного катера – «малого охотника» МО-2, который строился серийно. В 1935 г. проект был переработан, и ему присвоили индекс МО-4. Деревянный 56-тонный катер, вооруженный двумя 45-мм орудиями, пулеметами и глубинными бомбами, оказался исключительно удачным и универсальным. К осени 1941 г. построили более 200 МО-4, которые воевали на всех флотах и внесли свой вклад в победу над врагом.

К 1937 г. коллектив КБ стал технически зрелым и мог решать сложные задачи. В 1939 г. под руководством Л. Л. Ермаша был разработан инициативный проект 40-тонного мореходного торпедного катера Д-3 деревянной конструкции.

В 1940 г. головной катер прошел испытания на Черном море и был принят для серийного строительства. К началу Великой Отечественной войны построили пять катеров, переведенных затем на Северный флот и составивших основу сформированной там бригады торпедных катеров. Д-3 нес две торпеды калибра 533 мм, обладал высокой мореходностью и увеличенной дальностью плавания.

Во время войны построили еще более 60 таких катеров, успешно воевавших на трех флотах.

Перед самым началом войны завод № 5 передал в Народный Комиссариат судостроительной промышленности, а в конце 1941 г. часть завода перевели в поселок Сосновка Кировской области. Туда же эвакуировали сотрудников вместе с Л. Л. Ермашем, возглавившим в эвакуации разработку пр. 200, особенностью которого стало создание на основе одного корпуса торпедного катера (ТД-200 – торпедный деревянный) и «малого охотника» (ОД-200 – охотник деревянный). В ходе войны завод передал флоту 88 «охотников», а по откорректированному пр. ТД-200 бис катера строились серийно (более 160 выпелов) уже после ее окончания.

Выполняя поставленную руководством государства и вооруженных сил задачу, под руководством выдающегося кораблестроителя П. Г. Гойнкиса был спроектирован лучший отечественный торпедный катер, создатели которого в 1951 г. удостоились Сталинской премии. Катер, впервые в отечественной практике проектировавшийся без ограничений по размерениям без оглядки на железнодорожные габариты, имел деревянный корпус, энергетическую установку (ЭУ) из четырех дизелей М-50Ф мощностью по 1200 л.с. и вооружался двумя 533-мм торпедными аппаратами. Дальность плавания экономическим ходом достигала тысячи миль.

Торпедные катера пр. 183, носившие характерное для эпохи наименование «Большевик», строились огромной серией – более 600 ед. Эти катера и их модификации стали первыми среди советских кораблей, которые передавали флотам тогдашних друзей и союзников.

Торпедные катера пр. 183, носившие характерное для эпохи наименование «Большевик», строились огромной серией – более 600 ед. Эти катера и их модификации стали первыми среди советских кораблей, которые передавали флотам тогдашних друзей и союзников.



Торпедный катер пр. 183

Стремясь максимально улучшить качества торпедного катера, главное из которых – скорость, конструкторы ЦКБ-5 применяли наиболее передовые технологии. Примером может служить использование в качестве ускорительного двигателя первого отечественного корабельного ГТД М-1 мощностью 4000 л.с., что позволило увеличить наибольшую скорость катера с 44 до 53 уз. По пр. 183ТК в 1956–1957 гг. построено 24 катера. Опытный торпедный катер пр. 183У с двумя дизелями М-503Ф мощностью по 4000 л.с. имел четыре 533-мм торпедных аппарата и развивал скорость 47 уз.

Продолжение на с. 6

Морской Вестник

№4(52)
декабрь
2014

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

С.Н. Форафонов, советник президента
ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

К.П. Борисенко, профессор ФГБОУ ВПО СПбГМТУ

Члены совета:

А.А. Арутюнян, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.О. Барышников, ректор ФГБОУ ВПО

«ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»

А.С. Бузаков, генеральный директор

ОАО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

Л.Г. Грабовец, генеральный директор ОАО «СФ "Алмаз"»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»

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

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

Л.М. Клячко, генеральный директор ОАО «ЦНИИ "Курс"»

С.Р. Комаров, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»

Е.В. Комраков, генеральный директор

ЗАО «ОСК-Транзас»

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

А.А. Копанев, генеральный директор

ОАО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»

А.В. Кузнецов, генеральный директор ОАО «Армалит-1»

Л.Г. Кузнецов, генеральный директор

ОАО «Компрессор»

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

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

С.Н. Седов, генеральный директор ФАУ «Российский

морской регистр судоходства»

В.А. Солонько, председатель Совета директоров

ЗАО «НПО "Севзапспецавтоматика"»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

ОАО «Северное ПКБ»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

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

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

ОАО «Новая ЭРА»

А.В. Ушаков, генеральный директор

ОАО «СЗ "Северная верфь"»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "МорФлот"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «ЛСЗ "Пелла"»

В.В. Шаталов, генеральный директор

ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

ОАО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

А.В. Шляхтенко . ЦМКБ «Алмаз» – 65 лет	1
В.И. Спиридопуло . Новейшие экспортные проекты ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро»	11
С.И. Васильева . «Адмиралтейские верфи»: 310 лет на службе Отечеству	14
И.Л. Вайсман . Новый судостроительный комплекс ОАО «Пелла»	19
Первый буксир-спасатель нового проекта спущен на воду	21
Ю.Н. Таратонов . Верфи Санкт-Петербурга: новая версия	23
Г.В. Егоров . Проектирование российских многофункциональных аварийно-спасательных судов нового поколения для работы в ледовых условиях	27

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Д.В. Умяров . Энергетические показатели управляемых выпрямителей в составе гребных электроустановок переменного-постоянного тока	33
А.Н. Калмыков, С.Я. Галушин, Б.Ф. Дмитриев . Особенности проектирования гибридных энергоустановок морских транспортных средств	34
А.А. Георгиев, И.Н. Васильев . Пути повышения качества грузообработки в открытом море путем оснащения судов кранами перспективных конструкций	41
А.Ю. Губанов, А.Г. Сотников . Отработка корабельных агрегатов бесперебойного электропитания в процессе их испытаний по прямому назначению в условиях предприятия-изготовителя	47
И.О. Прутчиков, В.В. Камлюк, А.В. Маккавеев . Расчет параметров автономного теплоэлектрогенератора на базе термоэлектрических модулей при работе в составе системы гарантированного энергоснабжения	51
В.И. Вершинин, А.Н. Богданов . ОАО «Новая ЭРА»: На пути к электродвижению	57
В.Ю. Макаров, П.В. Наливкин, С.К. Шин . Определение коэффициента проницаемости объемных фильтроэлементов	59

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С.С. Шаров . Система поддержки принятия решения при посадке беспилотного летательного аппарата на движущееся судно	61
В.В. Кобзев, В.К. Болховитинов . К вопросу интеллектуализации управления маневрированием автономных необитаемых подводных аппаратов. Часть 1	65
К.А. Ваховская, К.Б. Каравашкин . Международная выставка судостроения, машинного оборудования и морских технологий SMM-2014	73
К 75-летию профессора С.П. Сирого	74
О.Н. Музыченко, В.О. Свалов . Автоматизация управления надводным кораблем и корабельная организация	75
В.М. Амбросовский, Н.Б. Анисимов, И.С. Колтакова, И.М. Мухутдинов, А.А. Петров, А.Д. Степанов . Система контроля и управления крановыми операциями кранового судна	79

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Р.Д. Куликов . Организация комплексной системы защиты информации	83
---	----



ОСВОЕНИЕ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

**С.А. Бахарев, А.В. Добровольский, С.Е. Новиков, А.В. Рогожников, В.В. Са-
венкова.** Поиск углеводородов на северных и арктических территориях 87

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

П.И. Малеев. Основные проблемы диагностики подводных нефтегазовых
трубопроводов и возможные пути их решения..... 93

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

**Н.М. Вихров, Ю.Ф. Каторин, А.П. Нырков, С.С. Соколов,
А.А. Шнуренко.** О безопасности инфраструктуры водного транспорта..... 99

В.В. Алексеев, П.А. Дорохов. Некоторые вопросы модернизации и повышения
эксплуатационной готовности двигателей спасательных шлюпок 102

В.Н. Илюхин. В. К 70-летию 40-го Государственного НИИ
аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ..... 105

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

А.В. Романов. ФГУП «КБ «Арсенал»: новые проекты – в жизнь.
К 65-летию со дня основания предприятия 111

М.С. Камил. Вычисление волнового сопротивления тримарана
методом конечного корня 117

В.В. Сахаров, А.А. Чертков, Д.С. Тормашев. Алгоритм оптимального
планирования группового взаимодействия роботов..... 119

БИЗНЕС И ПРАВО

Е.В. Алексеева. Особенности бухгалтерского учета в судостроении.
Часть 1..... 124

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

**Итоги собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинград-
ской области и Секции по судостроению Морского Совета при правительстве
Санкт-Петербурга** 126

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

**Выездное заседание Президиума Российского НТО судостроителей
им. акад. А.Н.Крылова в Калининграде** 126

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

День судостроителя в Петербурге 127

Памяти профессора Б.А. Царева 128

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

**Книга Г. А. Гребенщиковой как дополнение к работе
«Черноморский флот в период правления Екатерины II»**..... 128

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**Международный военно-морской салон IMDS–2015,
1–5 июля 2015, Санкт-Петербург (45)**

**Тринадцатая международная выставка и конференция НЕВА–2015,
22–25 сентября 2015, Санкт-Петербург (115)**

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Зам. главного редактора

Д.С. Глухов

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Редакционная коллегия

Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

В.Н. Глебов, канд. эконом. наук

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук, проф.

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Ю.Н.Кормилицин, д-р техн. наук, проф.

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И.Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф.Подоплекин, д-р техн. наук, проф., акад. РАРАН

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

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Пряжин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

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

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичева

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

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

Учредитель-издатель

000 «Издательство «Мор Вест»»,

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н.

Электронная версия журнала

размещена на сайте 000 «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.

http://vak.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест».

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс».

Тираж 1000 экз. Заказ № 2203.

Ответственность за содержание информационных и

рекламных материалов, а также за использование

сведений, не подлежащих публикации в открытой

печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка

допускается только с разрешения редакции.



Editorial Council

Chairmen

S.N. Forafonov, Adviser to the President
JSC United Shipbuilding Corporation

Co-chairmen:

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

K.P. Borisenko, Professor SPbSMTU

Council Members:

A.A. Arutyunian, Director JSC CRISM

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

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

S.G. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC USC-Transas

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanov, General Director,

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

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

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

S.N. Sedov, General Director FAI Russian Maritime

Register of Shipping

I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB Vympel

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Avrora

A.V. Shlyakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

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

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

V.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

G.R. Tsaturov, General Director

JSC LSBY Pella

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

A.V. Ushakov, General Director

JSC SBY Severnaya Verf

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

CONTENTS

SHIPBUILDING AND REPAIR

- A. V. Shlyakhtenko**. Central Marine Design Bureau «Almaz» – 65 years 1
- V. I. Spiridopulo**. The latest export projects of Severnoye Design Bureau Joint Stock
Company 11
- S. I. Vasilyeva**. «Admiralty shipyards»: 310 years in the service of Homeland 14
- I. L. Vaisman**. A new shipbuilding complex «Pella» JSC 19
- The first rescue tug of a new project launched 21
- Yu. N. Taratonov**. Shipyards in St. Petersburg: new version 23
- G. V. Egorov**. The design of the Russian multi-functional rescue vessels of a new
generation for operation in ice conditions 27

POWER PLANTS AND SHIP EQUIPMENT

- D. V. Umyarov**. Energy indicators of controlled rectifiers as a part
of AC-DC propulsion system 33
- A. N. Kalmykov, S. Yu. Galushin, B. F. Dmitriev**. Peculiarities of design
of hybrid power plants for marine vehicles 34
- A. A. Georgiev, I. N. Vasilyev**. Ways to improve the quality of cargo handling
on the high seas by equipping ships with cranes of long-range design 41
- A. Yu. Gubanov, A. G. Sotnikov**. Development of uninterrupted power supply ship
units in the process of their testing for the purpose specified in the conditions of the
manufacturer 47
- I. O. Prutchikov, V. V. Kamlyuk, A. V. Makkaveev**. Thermoelectric generator
parameter analysis on the basis of the thermoelectric modules when working
as part of an uninterruptible power system for emergency 51
- V. I. Vershinin, A. N. Bogdanov**. «New ERA» JSC: towards electric propulsion 57
- V. Yu. Makarov, P. V. Nalivkin, S. K. Shin**. Determination of the permeability
coefficient of volumetric filter elements 59

RADIOELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEM

- S. N. Sharov**. Decision support system when landing unmanned aerial vehicle
on a moving ship 61
- V. V. Kobzev, V. K. Bolkhovitinov**. To the question of intelligent control
maneuvering of Autonomous unmanned underwater vehicles. Part 1 65
- K. A. Vakhovskaya, K. B. Karavashkin**. International exhibition of shipbuilding,
machinery and marine technology SMM-2014 73
- For the 75th anniversary of Professor S.P. Siryi 74
- O. N. Muzychenko, V. O. Svalov**. Automation control for surface ship
and the ship's organization 75
- V. M. Ambrosovsky, N. B. Anisimov, I. S. Kolpakova, I. M. Mukhutdinov,**
A. A. Petrov, A. D. Stepanov. Monitoring and control system for crane operations
of a crane vessel 79

INDUSTRIAL SAFETY

- R. D. Kulikov**. Organization of complex information security system 83

OCEAN AND SHELF DEVELOPMENT

- S. A. Bakharev, A. V. Dobrovolsky, S. E. Novikov, A. V. Rogozhnikov,**
V. V. Savenkova. The search for hydrocarbons in the Northern and Arctic areas 87



NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

P.I. Maleev. *The main problems of diagnostics of underwater oil and gas pipelines and possible ways of their solution* 93

SAFETY OF NAVIGATION

N. M. Vikhrov, Yu. F. Katorin, A. P. Nyrkov, S. S. Sokolov, A. A. Shmurenko. *On the safety of water transport infrastructure* 99

V. V. Alekseev, P. A. Dorokhov. *Some issues of modernization and improvement of operational readiness of lifeboat engines*..... 102

V. N. Ilyukhin. *To the 70th anniversary of the 40th National Scientific-Research Institute of emergency, diving and deep-sea operations*..... 105

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

A. V. Romanov. *The Federal State Unitary Enterprise «Design Bureau «Arsenal»: new projects in life. To the 65th anniversary of the company foundation* 111

M. S. Kamil. *Calculation of the wave resistance of the trimaran with the finite root method* 117

V. V. Sakharov, A. A. Chertkov, D. C. Tormashev. *The algorithm of the optimal planning for group interaction of robots*..... 119

BUSINESS AND LAW

E. V. Alekseeva. *The peculiarities of accounting in shipbuilding. Part 1*..... 124

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

The results of the meeting of the Association of shipbuilders of St. Petersburg and the Leningrad region and the Section for shipbuilding of the Marine Board under the government of St. Petersburg..... 126

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

A visiting session of the Presidium of the Russian Technical Society of shipbuilders named after Acad. A. N. Krylov in Kaliningrad 126

HISTORY OF SHIPBUILDING AND NAVY IN MARITIME BOARD

Shipbuilder's Day in St. Petersburg 127

In memory of Professor B. A. Tsarev..... 128

ON A BOOK SHELF

A book by G. A. Grebenshikova as an addition to the work «The Black sea fleet during the reign of Catherine II» 128

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

Maritime Defence Show IMDS–2015, 1–5 of July, 2015, St. Petersburg (45)

The 13-th International Exhibition and Conference NEVA–2015, 22–25 of September, 2015, St. Petersburg (115)

Editor-in-Chief

E. A. Konov, Ph. D.

Deputy Editor-in-Chief

D. S. Glukhov

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

Editorial Collegium

Yu. V. Baglyuk, Ph. D.

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

V. N. Glebov, Ph. D.

E. A. Gorin, D. Sc.

E. V. Igoshin, Ph. D.

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

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

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

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

P. I. Maleev, D. Sc.

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

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

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

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

of Rocket and Artillery of Sciences of Russia

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

L. A. Promyslov, Ph. D.

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

A. V. Pustoshny, corresponding member

of the Academy of Sciences of Russia

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

K. V. Rozhdvestvensky, D. Sc., Prof.

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

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

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

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T. I. Ilyichiova

Design, imposition

S. A. Kirillov, V. L. Kolpakova

Editorial office

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

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"

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

190000, St. Petersburg

The magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya

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

Russian index of scientific citing.

By the decision of the Council of VAK the Morskoy

Vestnik magazine is entered on the list of the leading

scientific magazines and editions published in the

Russian Federation where basic scientific outcomes of

doctoral dissertations shall be published.

<http://vak.ed.gov.ru>

You can **subscribe to the Morskoy Vestnik** magazine

using the catalogue of "Rospechat" agency (subscription

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

Morvest Publishing House.

Printed in the Printing-House "Premium-press".

Circulation 1000. Order № 2203.

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.

Первая Государственная премия стала наградой за создание надежной обороны морского побережья Родины. Конструкторы «Алмаза» пошли дальше по непроторенному пути, попытались заглянуть в будущее.

Радиолокация и скорострельная артиллерия на кораблях противника резко снижала возможности торпедных катеров, торпеда становилась неэффективной, и следовало атаковать противника с больших дистанций. Конструкторы ЦКБ-5 поняли это одними из первых. Призвав на помощь разработчиков нового морского оружия, пройдя через рискованные, но оказавшиеся удачными эксперименты, им удалось установить впервые созданные в нашей стране противокорабельные крылатые ракеты на скоростные катера. Всего через месяц после запуска первого в мире спутника, в декабре 1957 г. в СССР состоялся первый в мире успешный пуск боевой ракеты с катера.

Сохранив корпус и энергетическую установку деревянного торпедного катера пр. 183, серийный катер пр. 183Р («Комар»), при водоизмещении всего 80 т нес две противокорабельные ракеты П-15 с системой управления «Клен», а также 25-мм артиллерийскую установку 2 М-3 М. Целеуказание ракетному оружию обеспечивала РЛС «Рангоут».



Ракетный катер пр. 183Р

Убедив военных моряков в перспективности нового оружия, «алмазовцы» создают новый класс боевых кораблей – ракетный катер. Но ни в нашей стране, ни за ее пределами тогда не слышали об этом достижении – все делалось в строжайшей тайне. В октябре 1967 г. во время «шестидневной войны» на Ближнем Востоке египетские катера ракетным залпом потопили израильский эсминец.

Технический пр. 205 ракетного катера в стальном корпусе, вооруженного уже четырьмя ракетами П-15 и двумя 30-мм автоматическими артустановками АК-230 с управлением от радиолокационной станции МР-104 был закончен в 1958 г. В июле заложили головной катер. В течение 1960 г. он прошел испытания на Балтийском море. Катер водоизмещением 216 т с ЭУ из трех дизелей М-504 мощностью 12000 л.с. мог развивать полный ход в 40 уз.

Благодаря напряженной работе конструкторов в кратчайшие сроки впервые в мире была создана сравнительно недорогая, но весьма мощная система обороны ближней морской зоны, основой которой стали ракетные катера типа «Оса».



Ракетный катер пр. 205

Ракетные катера типов «Оса» и «Комар», строились на нескольких заводах, в том числе и Ленинградском Приморском заводе, очень крупной серией – более 350 выпелов. Поставлялись они дружественным государствам. Показав свою высокую боевую эффективность в локальных конфликтах, они изменили ход развития зарубежных флотов.

В 1962 г. создатели ракетных катеров во главе с начальником – главным конструктором ЦМКБ «Алмаз» Е. И. Юхным были удостоены Ленинской премии.

Спустя два года, в 1964 г. ВМФ поставил перед конструкторами «Алмаза» новую задачу – спроектировать ракетный катер, превосходящий «Осу» по дальности стрельбы с усиленными средствами самообороны, столь же быстроходным как «Оса», но более мореходным, с более «умными» и дальнобойными ракетами и, главное – с новейшей боевой электроникой, которая позволило бы «увидеть» цель на большой дальности, не обнаруживая себя излучением радиолокационной станции. Первоначальным заданием на катере следовало разместить четыре ракеты нового комплекса П-120 «Малахит». Для выдачи целеуказания на максимальную дальность стрельбы, в несколько раз превышающей дальность обнаружения надводной цели корабельной РЛС, потребовалось создать радиотехнический комплекс «Титанит». При рассмотрении завершеного в 1966 г. технического проекта у главкома ВМФ Адмирала Флота С. Г. Горшкова было принято решение увеличить количество ПКР до шести, что, естественно, вызвало увеличение полного водоизмещения.

В «Оводе», который стал именоваться малым ракетным кораблем, удачно сбалансированы средства нападения и самообороны. Трехвальная энергетическая установка – дизели М-507 мощностью по 10000 л.с. – обеспечивала 700-тонному кораблю полную скорость 36 уз, дальность плавания 12-узловым ходом составляла 4000 миль.



Малый ракетный корабль «Овод»

Головной малый ракетный корабль «Буря» передали ВМФ в 1970 г., всего же флот получил 37 МРК пр. «Овод». Некоторые из них служат до сих пор.

Творец этого замечательного корабля – И. П. Пегов, которому в этом году исполнилось бы 95 лет – удивительно скромный человек и незаурядный проектант, воспитавший достойных преемников.

Появившись в Средиземном море «Оводы» взяли под прицел своих ракет американские авианосцы, ранее чувствовавшие себя там хозяевами.

За рубежом «Овод» называли ракетным корветом, некоторые пытались его копировать, но подражания не удались. Наши союзники тоже очень хотели получить «Овод», наличие которого сразу превращало их «москитные» флоты в грозную силу. Заложенный в те годы в экспортные «Оводы» технический потенциал оказался столь высоким, что в XXI в. эти корабли получают новую жизнь, пройдя с помощью конструкторов «Алмаза» модернизацию.

В 60-е гг. в мире появились первые опытные суда на ПК и на ВП.

Работы по «крылатым» и «парящим над морем» боевым кораблям велись в ЦМКБ под грифом «совершенно секретно». Своим рождением они обязаны двум выдающимся конструкторам – В. М. Бурлакову и Ю. Ю. Бенуа.

В те годы коллектив В. М. Бурлакова сделал для морских пограничников высокоскоростной (65 уз) катер-перехватчик на ПК, от которого не мог уйти ни один нарушитель, а в 1969 г. – изящное и стремительное даже по формам пассажирское судно «Тайфун», которое уверенно «летало над водой» на управляемых ПК даже на серьезной волне. Это стало возможным благодаря выполненной ранее большой научно-экспериментальной работе, которая всегда отличала ЦМКБ «Алмаз». Только создатели знали, что это судно – полунатурная модель боевого корабля пр. 1240, чертежи которого разрабатывали в «Алмазе».

Постройка опытного малого ракетного корабля на автоматически управляемых ПК «Ураган» началась в 1973 г. на ленинградском Приморском заводе, который к тому времени вошел в состав созданного летом 1970 г. производственно-технического объединения «Алмаз». Возглавил объединение начальник – главный конструктор ЦМКБ.

Разработка пр. 1240 была предельно сложной задачей, поскольку корпус корабля проектировался из нового легкого сплава АМг62 т, крыльевые устройства – из титана, а в качестве главных двигателей использовались две газотурбинные установки агрегатной мощностью 18 000 л.с. В проекте использовалось множество опытных механизмов и устройств, включая устройство подъема крыльев.

Создание самого большого в мире «крылатого корабля», вооруженного четырьмя противокорабельными ракетами «Малахит» и развивающего при этом скорость 60 уз, стало крупным достижением отечественного кораблестроения. Когда «Ураган» вышел на испытания и показал, на что он способен, конструкторам было чем гордиться. Мы сделали то, чего не смогли американцы – их опытные катера были значительно меньше по размерам и совершенно несоизмеримы по боевым возможностям с 430-тонным «Ураганом», способным на огромной для корабля скорости выстреливать ракеты даже в 6-балльный шторм!

Однако промышленность оказалась не готова к серийному строительству столь сложного корабля, а ВМФ – к их эксплуатации.



Малый ракетный корабль на автоматическом управлении ПК «Ураган»

С середины 50-х гг. в ЦКБ-19, вошедшем позже в состав ЦМКБ, велась отработка конструктивных решений амфибийных кораблей на ВП. Занимался этим петербуржец, представитель знаменитой династии архитекторов и художников Бенуа, посвятивший свою жизнь кораблестроению. Под руководством Юлия Бенуа созданы грозные бронекатера – «речные линкоры», воевавшие с врагом на всех флотилиях. Именно ему через десятилетие после окончания Великой Отечественной войны поручили проектирование «легающих кораблей».

Нашей стране принадлежит приоритет в создании первых СВП – в этом мы опередили англичан, построив и испытав под Ленинградом еще до войны торпедный катер на ВП Л-5 конструкции В.И. Левкова, а в 50-е гг. – две большие самоходные модели, точнее опытные СВП. И к 1965 г., когда в Англии начали проектирование SRN.4 – пассажирского СВП для рейсов через Ла-Манш, ленинградские корабельщики уже строили

первый в мире амфибийный танкодесантный корабль на ВП «Джейран». Этот 360-тонный корабль мог транспортировать более 70 т полезной нагрузки (два средних танка или пять БТР) на скорости 50 уз на дальность 300 миль.

Созданный в предельно сжатые сроки по специальному постановлению правительства десантно-штурмовой амфибийный катер на ВП «Скат» (пр. 1205) построили на Опытном Морском заводе и сдали флоту в 1969 г.

Построенные большой серией амфибийные корабли и катера на ВП – «Джейраны», «Скаты», «Кальмары» (пр. 1206), «Омар» (пр. 1209) и «Касатка» (пр. 1238) – придали нашему ВМФ возможности, которыми долгое время не располагал ни один флот мира!



Малый десантный корабль на ВП «Джейран»

Достойные продолжатели начатого Ю. Ю. Бенуа – Л. В. Озимов, Ю. М. Мохов, М. В. Псарев и В. К. Дьяченко – в 1978 г. стали лауреатами Государственной премии. Конструкторский коллектив ЦМКБ «Алмаз» вновь становился носителем уникальных «ноу-хау».

Не останавливаясь на достигнутом, ЦМКБ «Алмаз» предлагает флоту еще более мощный амфибийный корабль, способный транспортировать три основных танка со скоростью 60 уз. Группа под руководством Ю. П. Семенова уже в 1979 г. разработала проект, знаменитого ныне «Зубра».

«Зубр» – грозное инженерное сооружение, размеры и мощь которого поражают воображение, обладает особенным изяществом форм, за которыми скрывается сугубо утилитарные боевые функции. До настоящего времени он остается самым крупным (550 т) и совершенным в мире амфибийным десантным кораблем.

Благодаря своей уникальности «Зубры» в период «холодной войны» были куплены и поставлены на вооружение страны-члена НАТО!

После распада СССР даже без уведомления ЦМКБ «Алмаз» Украина, на территории которой остались строившееся в Феодосии всей советской страной производственное объединение «Море» и техническая документация ленинградского ЦМКБ, ВМС Китая купила два готовых «Зубра», которые продавцы почему-то именуют собственным

проектом «Бизон», и лицензию на их строительство в КНР.

Появление в 70-х гг. во флотах стран НАТО боевых катеров, вооруженных малогабаритными ПКР («Ехосет», «Otomat», «Harpoon») и артиллерией среднего калибра, обострило проблему оборонительного вооружения отечественного ракетного катера пр. 205. Поэтому еще в 1973 г. вышло правительственное постановление о создании ракетного катера с перспективным ракетным комплексом «Москит» и улучшенными средствами самообороны (включая средства РЭБ), повышенными мореходными качествами и улучшенной обитаемостью. Тогда же началась разработка ракеты и дизель-газотурбинной ЭУ, способной обеспечивать как форсированный режим, так и длительный экономический ход.

Специалисты ЦМКБ «Алмаз», которому поручили спроектировать новый катер, разработали проект тактико-технического задания, предложив создать в едином корпусе целого семейства боевых катеров различного назначения – ракетных, сторожевых и противолодочных с газотурбинной, дизельной и дизель-газотурбинной энергетикой. Разработке ТТЗ предшествовало выполнение комплекса НИОКР для определения базовых элементов: ракеты, системы целеуказания, ГЭУ, обводов корпуса и движителей. Длительная отработка новой ракеты потребовала натуральных экспериментов, и чтобы компенсировать значительное отставание комплекса оружия, в 1977 г. начали строительство первых двух катеров с ракетным комплексом «Термит» (пр. 1241-1). Головной катер с комплексом «Москит» и дизель-газотурбинной установкой построен в 1981 г.

Большой ракетный катер пр. 1241.1, кроме четырех ПКР «Москит» был вооружен одной 76,2-мм универсальной артиллерийской АК-176 М и двумя 30-мм шестиствольными автоматами АК-630М, а также пусковой установкой ПЗРК «Стрела-3». Целеуказание и управление ракетным оружием осуществлялось радиолокационным комплексом «Монолит», оборонительное вооружение управлялось РЛС «Вымпел». Комбинированная дизель-газотурбинная энергоустановка, состоявшая из двух ГТД М-70 и двух дизелей М510, обеспечивала скорость полного хода 43 уз и дальность плавания 14-узловым ходом 1600 миль. Полное водоизмещение корабля – 493 т.

По пр. 12411 с комплексом «Москит» Ленинградским Приморским, Средне-Невским и Хабаровским судостроительными заводами построено 30 катеров.

Экспортный вариант – пр. 1241РЭ с комплексом П-20 «Термит» и радиолокационным комплексом целеуказания «Гарпун-Э» – разработали в 1979 г.

Строительство велось на Рыбинском судостроительном заводе. За короткое время союзники по Варшавскому договору и дружественные СССР страны получили более 20 современных мощных ударных катеров, которые за рубежом классифицировались как ракетные корветы.

После распада СССР американцы смогли провести испытания одной из «Молний» из состава флота бывшей ГДР, обнародовав их результаты. В июне 1992 г. газета «New York Times» так оценила работу ЦМКБ: «Этот корабль является плавучей кладовой технологии для морских специалистов... и одним из самых быстрых и смертоносных кораблей своего класса в мире».

Вооруженные сверхзвуковыми ракетами «Москит» катера типа «Молния» до настоящего времени являются самыми мощными в мире. Заложенные конструктивные решения оказались столь удачными, что строительство модификаций «Молнии», ставшей наиболее массовым российским экспортным кораблем, продолжается и поныне. Корабль пр. 12418, вооруженный 16 ПКР «Уран-Э» и не имеющий себе равных по мощи ракетного залпа, выбран в качестве основного ударного корабля несколькими иностранными флотами.



Ракетный корвет пр. 12418

В 1998 г. создание системы боевых катеров типа «Молния» отмечено премией Правительства РФ в ЦМКБ «Алмаз» Лауреатами стали главный конструктор системы боевых катеров типа «Молния» Е. И. Юхнин, главный конструктор В. Н. Устинов, его заместитель Е. Ф. Волкович, заместитель генерального конструктора В. И. Портных и автор статьи.

Кораблестроители знают, что классический процесс проектирования начинается с выбора прототипа, и технические характеристики будущего корабля в первом приближении определяются «пересчетом с прототипа». Конструкторам же ЦМКБ «Алмаз» не раз приходилось работать без прототипов.

В конце 60-х гг. исследования в области экранопланов проводились под руководством К. Ж. Аванесова. К 1973 г. объем конструкторских «проработок» позволил группе под руководством Л. В. Ельского создать еще один ни на что не похожий уникальный проект. Для подтверждения основных ходовых и мореходных пара-

метров построили и испытали самоходную 50-тонную модель «Икар».

Проект «Сивуч», законченный в 1987 г., вобрал в себя лучшие достижения отечественной науки и техники.



Малый ракетный корабль на ВП скегового типа «Сивуч»

Два года спустя головной корабль, названный «Бора», передала ВМФ в опытную эксплуатацию. Малые ракетные корабли на ВП «Бора» и «Самум», один залп которых по мощи сравним с залпом ракетного крейсера, а максимальная скорость при этом превышает 50 уз, и сегодня служат в составе Черноморского флота России. Американцы так и не смогли сделать ничего подобного – их опытные скеговые корабли SES-200А и SES-200В вообще не несли вооружения.

Создание «Сивуча» уже в 2002 г. было отмечено Государственной премией РФ, а большая группа сотрудников «Алмаз» удостоена правительственных наград.

На протяжении всей истории ЦМКБ важной задачей для инженеров и конструкторов являлось создание катеров для Морпогранохраны. С 1967 г. Ленинградский Приморский завод начал серийное строительство сторожевых кораблей пр. 205П (главный конструктор А. П. Городянко), созданного на базе ракетного катера пр. 205П. Малый ПСКР «Тарантул» стал основным кораблем Морпогранохраны КГБ СССР. Построено 129 кораблей, в том числе семь – на экспорт (модификация 02059).



Малый пограничный сторожевой корабль пр. 205П

Спроектированный под руководством В. М. Бурлакова в 1967 г. 40-тонный катер «Гриф» с корпусом из легких сплавов «размножен» в более чем 300 экземплярах.

С конца 70-х гг. в связи с расширением задач морских пограничников (охрана 200-мильной экономической зоны) началось строительство сторожевых пограничных кораблей «Молния-2» (пр. 1241–2), спроектированных на базе ракетных катеров пр. 12411, но с дизельной ГЭУ. Они строились одновременно на двух заводах: на Ярославском судостроительном заводе (10 кораблей) и на владивостокском заводе (9 кораблей).

Нынешнее поколение пограничных сторожевых кораблей – это хорошо известный «Светляк». Технический пр. 10410 выполнен в 1984 г. под руководством главного конструктора К. Ж. Аванесова, головной корабль построили в 1988 г. С 1991 г. работу возглавил главный конструктор А. Л. Ивченко, под его руководством разработана экспортная модификация.

За создание ПСКР пр. 10410 коллектив конструкторов ЦМКБ, работники заводов-строителей, ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова и представители заказчика отмечены премией Правительства РФ за 2000 г. Из сотрудников ЦМКБ «Алмаз» среди награжденных – А. Л. Ивченко, М. Д. Бройдо, А. Г. Славгородский, А. Н. Третьяков и С. В. Челинцева.



Пограничный сторожевой корабль «Светляк»

За счет усовершенствования пр. 10410 – отказа от некоторых комплексов вооружения, избыточных для морских пограничников (например, 76,2-мм артиллерийской установки АК-176) – удалось снизить стоимость постройки кораблей почти на четверть, а вследствие уменьшения массы вооружения удалось увеличить запасы топлива и довести дальность плавания до 2500 миль.

Востребованы зарубежным заказчиком экспортные модификации «Светляка» (пр. 10412).

С 2006 г. для Береговой охраны ФСБ России серийно строятся скоростные катера-перехватчики «Соболь» пр. 12200 (главный конструктор – Б. А. Лейкис),



Скоростной катер-перехватчик «Соболь»

на которых для повышения скорости и мореходности используется комплекс автоматически управляемых интерцепторов, а также катера «Мангуст» пр. 12150.

Огромное значение Арктического региона для экономики и военной безопасности России и обострение международного соперничества в борьбе за влияние в Арктике обусловили принятие руководством государства ряда решений, касающихся в том числе морских пограничников. Понадобились новые корабли, способные действовать в арктических морях.

Выиграв в объявленном заказчиком конкурсе, ЦМКБ «Алмаз» разработало пр. 22100 «Океан» (главный конструктор – Б. А. Лейкис). Это патрульный корабль неограниченного района плавания, предназначенный для эксплуатации в ледовых условиях. Он оборудован бортовыми спускоподъемными устройствами для скоростных жестко-наддувных дежурных шлюпок, имеет авиационно-технический комплекс, предназначенный для доставки на суда-нарушители досмотровых групп, визуального наблюдения за надводной обстановкой, доставки пассажиров и грузов и поисково-спасательного обеспечения. Для предотвращения обмерзания якорного, швартовного и буксирного устройств при работе в ледовых условиях швартовные палубы в носу и корме выполнены закрытыми. ГЭУ корабля – дизельная двухвальная с эшелонным расположением. В процессе разработки пр. применялись самые современные технологии. Создание полной трехмерной модели корабля позволило получать документацию в автоматическом режиме, что существенно сократило сроки ее выпуска. На этапе технического пр. выполнены дизайн-пр. кают, кают-компания, столовой и ПЭЖ, а на испытательной базе ЦМКБ «Алмаз» создан натурный макет ходовой рубки. Впервые в отечественной практике мебель для будущего корабля спр.ирована специально для каждого вида служебных, жилых и общественных помещений.

Головной корабль строится на Зеленодольском судостроительном заводе, запланировано строительство серии.

С начала 60-х гг. ЦМКБ приступило к работе над кораблями противоминной обороны (ПМО).

В 1964 г. началось пр.ирование перспективного корабля ПМО рейдовой зоны – рейдового тральщика пр. 1258 «Корунд» (главный конструктор В. И. Блинов) полным водоизмещением 96 т в стеклопластиковом корпусе. Головной тральщик ВМФ получил в 1967 г., а в 1969 г. работы по этому пр.у передали Западному ПКБ.

Телеуправляемый тральщик-шнурокладчик пр. 1253 «Алмаз» создавался



Пограничный сторожевой корабль 1 ранга «Океан»

под руководством главного конструктора В. В. Сидорова.

В 1965 г. закончена разработка пр. 266М «Аквамарин» (главный конструктор – Т. Д. Походун, затем С. Г. Мельник и Ш. А. Мустафин) с корпусом из маломагнитной стали, строительство которых велось большой серией на двух заводах. Кроме того, по пр. 266МЭ (главные конструкторы – Н. П. Пегов, Ш. А. Мустафин) построено 22 корабля для иностранных заказчиков.



Морской тральщик «Аквамарин»

В 1966 г. вступил в строй «Измурд» (пр. 1252) – первый в мире базовый тральщик с корпусом из стеклопластика, спроектированный под руководством В. П. Вилунаса.

При создании комплекса противоминных кораблей базовой и рейдовых зон второго поколения (пр. 1265 «Яхонт», главный конструктор – Д. И. Рудаков; пр. 10750 «Сапфир», В. И. Немудров, А. А. Форст) решена принципиально новая задача – постройка тральщиков из новых немагнитных и маломагнитных материалов, разработана теория компенсации физических полей корабля.



Базовый тральщик «Яхонт»

Создание комплекса противоминной обороны с малыми физическими полями удостоено Государственной премии СССР.

Большим достижением стала разработка пр. 12660 морского тральщика «Рубин» (главный конструктор – Н. П. Пегов, затем В. С. Сергеев), способного эффективно бороться с глубоководными минами-торпедами «Саторг». В составе Северного и Черноморского флотов несут службу морские тральщики «Железняков» и «Владимир Гуманенко».

Строившиеся с 1959 г. универсальные спасательные суда пр. 527/527М (главный конструктор – Н. Г. Лощинский, затем М. К. Горшков) по комплексу выполняемых работ на протяжении двух последующих десятилетий не имели себе равных ни в отечественном, ни в иностранных флотах.

Уникальное спасательно-судоподъемное судно пр. 530 «Карпаты» (главный конструктор – А. Г. Минаев), построенное в 1967 г., до недавнего времени продолжало службу в составе ВМФ России.

В 1980 г. в строй вступило головное океанское спасательное судно «Эльбрус» пр. 537 водоизмещением более 14 000 т.

Оно имело на борту поисково-спасательный вертолет и целый комплекс специальных устройств:

- два спасательных подводных снаряда пр. 1837, предназначенных для вывода подводников из отсеков-убежищ подводных лодок сухим способом с глубин до 500 м;
- автономный рабочий снаряд пр. 1839 для выполнения подводных работ на глубинах до 500 м;
- поисково-обследовательский аппарат «Поиск-2» пр. 1832 с глубиной погружения до 2000 м;
- водолазный комплекс для выполнения работ на глубинах до 200 м;
- морской телевизионный комплекс МТК-200 для обследования объектов на глубинах до 200 м;

– главное спускоподъемное устройство грузоподъемностью 100 т, а также другую уникальную технику.

Во время опытной эксплуатации в условиях Атлантики была проверена и подтверждена возможность работы с подводными аппаратами на волнении 6 баллов.

В 1986 г. завершено строительство второго судна – «Алагез», вошедшего в состав Тихоокеанского флота.

Для замены спасательных судов пр. 527 и его модификаций в 1985 г. был разработан пр. 05430 «Гиндукуш» (главный конструктор – С. В. Чежин, затем Г. П. Курилко) полным водоизмещением 7000 т с глубоководным водолазным комплексом (ГВК-300), водолазным колоколом шахтного спуска и подъема и размещаемым в эллипсе автономным спасательным подводным аппаратом «Бестер» с бортовым спуско-подъемным устройством. В 1989 г. в Николаеве началось строительство головного судна «Аю-Даг» для Северного флота. В 1994 г. строительство (при общей готовности судна 57%) прекратилось из-за отсутствия финансирования, а два года спустя спущенный на воду корпус продали на слом.

Новейшие отечественные и зарубежные разработки в области спасения подводных лодок воплощены в пр. 21300 «Дельфин» (главный конструктор – А. А. Форст) спасательного судна, строительство которого завершается на «Адмиралтейских верфях».



Спасательное судно «Игорь Белоусов»

Чтобы рассказать обо всех уникальных разработках ЦМКБ «Алмаз», понадобятся сотни страниц. Поэтому лишь упомянем о речных артиллерийских кораблях «Шмель» (пр. 1204, с 1967 по 1972 г. строились огромной серией – 118 выпелов) и «Слепень» (пр. 1208, в 1974 г. работы переданы Зеленодольскому ПКБ), о правительственных яхтах «Крым» и «Кавказ», о целом ряде телеуправляемых катеров специального назначения, о десантируемых с самолета спасательных катерах «Ерш» и «Гагара», о противопожарных



Многоцелевой сторожевой корабль (корвет) пр. 20380

судах, катерах-торпедоловах, катерах радиационной и химической разведки, противодиверсионных катерах.

ЦМКБ «Алмаз» – обладатель уникальных технологий проектирования кораблей противоминной обороны, судов специального назначения и плавучих доков. По его проектам и вошедшего в его состав в 1997 г. Западного ПКБ построены все минно-тральные корабли отечественного флота и не имеющие зарубежных аналогов спасательные суда и плавучие доки различного назначения.

Транспортные доки для дизель-электрических и атомных подводных лодок (пр. 764, 769, 1753) проектировались под руководством главного конструктора М. А. Ловягина, уникальный транспортный комплекс «Ока» для завода «Красное Сормово» и плавучий док-элинг «Шилка» – коллективом Л. А. Петра-

ближней морской зоны нового поколения – корветов пр. 20380 ЦМКБ «Алмаз» начало отсчет своей истории в XXI в. Со сдачи флоту головного корабля в 2007 г. фактически началось обновление Военно-Морского Флота России. Продолжается строительство первой серии корветов, ведется постройка кораблей по усовершенствованному пр. 20385, мы работаем над дальнейшим развитием концепции многоцелевого корвета на основе модульных принципов построения систем вооружения и новых архитектурных решений.

За 65 лет по проектам, разработанным коллективом ЦМКБ «Алмаз», построено более 26 тысяч катеров, кораблей и судов различного назначения. Более 40 стран мира имеют в составе своих флотов спроектированные в Бюро катера и корабли, количество же построенных на экспорт превысило тысячу.

Своим успехом ЦМКБ «Алмаз» обязано конструкторам-корабелам нескольких поколений, среди которых – А. К. Зворыкин, П. Г. Гойнкис, Л. Л. Ермаш, Е. И. Юхнин, В. М. Бурлаков, В. В. Бурачек, Ю. Ю. Бенуа, И. П. Пегов, В. Н. Устинов, Д. И. Рудаков, В. И. Немудров, В. В. Сидоров, Ш. А. Мустафин, В. И. Блинов, В. С. Сергеев, О. К. Коробков, М. В. Кошкин, Р. Е. Путилин, М. К. Горшков, С. В. Чежин, Л. А. Петраков, А. Г. Минаев, М. А. Ловягин, А. Г. Смирнов, Л. В. Озимов, Ю. М. Мохов, В. А. Абрамовский, А. П. Городянко, К. Ж. Аванесов, В. П. Липинов, Ю. В. Арсеньев, А. Л. Ивченко, Н. А. Серков, И. Я. Баскаков, Ю. Ф. Оглоблин, Л. В. Ельский, В. И. Корольков, В. Г. Гаврилов, И. Н. Иванов, А. А. Форст, Г. Д. Коронатов, А. Н. Осинкин, Д. Е. Цымляков, Б. А. Лейкис, Н. Н. Комаров, В. А. Шималович и многие другие, а также руководители – Е. И. Юхнин, В. Ф. Ивочкин, А. Г. Соколов, Н. П. Пегов, Н. Г. Лошинский, Г. А. Мангаев, Ю. Н. Ландеходский, Ю. А. Ляпунов, А. Г. Славгородский, А. М. Лазарев, К. Г. Голубев и автор статьи. ■



НОВЕЙШИЕ ЭКСПОРТНЫЕ ПРОЕКТЫ ОАО «СЕВЕРНОЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО»

В. И. Спиридопуло, ген. директор
ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро»,
контакт. тел. (812) 784 8207

Входящее в состав «ОСК» «Северное ПКБ» является ведущим предприятием в области проектирования боевых надводных кораблей – крейсеров, эсминцев, фрегатов, корветов и катеров. Бюро работает также над проектами судов для гражданского флота: сухогрузных, наливных, пассажирских, научно-исследовательских, пожарных, патрульных, стоечных и судов снабжения. Разработки «Северного ПКБ» стали основой для создания более чем 550 кораблей и судов суммарным водоизмещением около 1,5 млн т.

22 апреля 2014 г. исполнилось 68 лет со дня основания бюро. За свою долгую историю «Северное ПКБ» накопило большой опыт проектирования надводных кораблей практически всех классов и любого водоизмещения.

В рамках международного сотрудничества на сегодняшний день «Северное ПКБ» предлагает проекты кораблей различного назначения. К ним, в первую очередь относятся, сторожевые (патрульные) корабли пр. 22500 и 22160, принадлежащие к классу OPV (Offshore Patrol Vessels). Они обладают высоким модернизационным потенциалом, достигаемым за счет применения нового принципа организации корабельной системы вооружения: сам корабль – лишь базовая «платформа», а состав его вооружения и комплексов как боевого, так и небоевого назначения может гибко варьироваться в зависимости от пожеланий заказчика.

Сторожевой корабль пр. 22500 полным водоизмещением около 1350 т и длиной 84 м может оснащаться противокорабельным ракетным комплексом «Калибр-НКЭ»/Club-N с двумя пусковыми установками (ПУ) (восемь ракет) или ракетным комплексом «Уран-Э» с двумя счетверенными пусковыми установками. Для противовоздушной обороны предназначены

ЗРК «Клинок» или турельная установка «Гибка» и ПЗРК «Игла». Артиллерийское вооружение представлено 100-мм облегченной корабельной артиллерийской установкой (АУ) А-190Э или 57-мм облегченной АУ А-220М, 30-мм автоматической установкой АК-630М или ЗАК «Пальма». Противолодочное вооружение может включать две установки малогабаритного противолодочного комплекса «ПАКЕТ-Э/НК» с антиторпедой или две установки малогабаритного ракетного противолодочного комплекса «Медведка» с противолодочной ракетой.

Сторожевой корабль пр. 22500 может не только бороться с надводными, подводными и воздушными целями, но также оказывать огневую поддержку десанту: он оснащен огнеметно-зажигательным комплексом «Огонь», предназначенным для поражения береговых площадных целей, техники и живой силы в прибрежной зоне, надводных целей (катеров, плавсредств), создания очагов пожаров. Дополнительно по желанию заказчика на СКР могут устанавливаться две 14,5-мм тумбовые пулеметные установки МТПУ.

В кормовой части надстройки имеются взлетно-посадочная площадка и телескопический ангар для вертолета взлетной массой до 12 т. Энергетическая установка (схемы CODAG) мощностью 27 000 кВт разгоняет корабль до 33 уз. Дальность плавания с эконо-

мической скоростью 16 уз составляет 4000 миль. Для ВМС государств с ограниченными финансовыми возможностями такие корабли могут стать весьма полезным и выгодным приобретением.

В пр. 22160 учтен опыт использования подобных кораблей как российской Береговой охраной, так и зарубежными флотами. Целью его создания стало стремление получить недорогой в строительстве и эксплуатации, но при этом высокоэффективный мореходный, многоцелевой корабль, способный решать широкий спектр задач пограничной, противопиратской и природоохранной областях в пределах морской государственной границы и экономической зоны потенциальных заказчиков.

В проекте предусмотрены 57-мм или 76-мм автоматическое орудие российского или зарубежного производства, комплекс противодиверсионных сил и средств, включающий опускаемую гидроакустическую станцию и автоматический гранатомет, два 12,7-мм пулемета на морских тумбовых установках, ПЗРК типа «Игла», две быстроходные (до 65 км/ч) высокомореходные (до 3–4 баллов волнения) жестко-надувные шлюпки вместимостью до 10 человек каждая, а также средства помощи пострадавшим при стихийных бедствиях и катастрофах.

Для расширения круга решаемых задач предусмотрено оснащение корабля вертолетом массой до 6–7 т и/или четырем беспилотными летательны-



Сторожевой корабль пр. 22500



Патрульный корабль пр. 22160

ми аппаратами (БЛА). Постоянное базирование БЛА обеспечено наличием взлетно-посадочной полосы размером 12×12 м, стационарного ангара, запаса авиационного топлива около 40 т и системой транспортировки вертолета. Авиационный комплекс корабля способен эффективно функционировать днем и ночью при волнении моря до 4 баллов включительно.

На корабле устанавливается дизельная или комбинированная дизель-газотурбинная установка (в зависимости от требований к скорости полного и патрульного ходов) с совместной работой на полном ходу всех двигателей и возможностью использования электродвигателей/валогенераторов на малых и патрульных ходах. Применение высокоресурсных современных дизелей позволяет получить высокую топливную экономичность на патрульных и крейсерских ходах (до 18 уз включительно в течение 70–75% всего ходового времени), а использование электромоторов – сохранить ресурс дизелей на невыгодных для них режимах длительного движения на малых и сверхмалых ходах (3–10 уз). В то же время в варианте с газотурбинным двигателем скорость полного хода может достигать 30 уз. Конфигурация ГЭУ позволяет обеспечивать работу любого из двигателей (дизелей и/или газовых турбин и электромоторов) попеременно или совместно, в любом сочетании на любом из двух гребных винтов, что повышает как живучесть, так и экономичность главной энергетической установки.

На корабле используется современный движительный комплекс, состоящий из двух винтов регулируемого шага (ВРШ). Движители позволяют добиться как высокой экономичности на патрульно-экономическом ходу, так и высокой скорости полного хода за счет оптимизации шага гребного винта. ВРШ дают возможность использовать в ГЭУ более надежные

и простые неререверсивные редукторы, а также обеспечивают минимальное время изменения полного переднего хода на полный задний ход (около 90 секунд) при максимальном «выбеге» до 4 длин корабля.

Патрульный корабль пр. 22160 имеет форму корпуса типа «глубокое V», оптимизированную для длительного движения с высокими скоростями на развитом волнении одноостровную надстройку, выполненную с использованием технологий «стелс», и закрытое швартовное оборудование. Корпус и надстройка выполнены полностью из стали и усилены для плавания в штормовых условиях. Ходовая рубка и часть постов защищены от пуль и осколков. Обводы корпуса без двойной погони, что упрощает и удешевляет строительство и ремонт корабля.

Личный состав размещается (в соответствии с современными международными стандартами) в одно-, двух- и четырехместных каютах с санузлами. Численность экипажа оптимизирована с учетом внедрения современных средств автоматизации и с учетом летного состава включает в себя минимально 50 человек (16 офицеров и 34 специалиста), при этом предусматриваются

дополнительные места еще для 30 человек с учетом особенностей эксплуатации кораблей в национальных ВМС потенциального заказчика. Могут быть оборудованы также специальные места для размещения офицеров и личного состава досмотровых групп или инспекторов общим количеством до 30 человек. Кроме того, предусмотрен специализированный медицинский комплекс для оказания экстренной помощи.

Для расширения круга решаемых задач на корабль могут быть установлены контейнерные модули (два стандартных 40-футовых контейнера), которые оснащаются различным вооружением и оборудованием – от ударных ракетных комплексов (размещение в контейнере ракетного комплекса Club-K предлагает ОКБ «Новатор») до телеуправляемых подводных аппаратов для поиска и уничтожения мин. Использование сменных контейнеров с разнообразным оборудованием позволяет оптимизировать как схемы боевого применения соединения кораблей с таким вооружением, так и расходы на их содержание и обслуживание.

Более того, имеется возможность дооснастить корабль автоматическими зенитными артиллерийскими и/или ракетно-артиллерийскими комплексами (российского или зарубежного производства), катерами для десантно-высадочных партий, оборудованием для мониторинга окружающей среды и морского шельфа.

На основе инновационных конструкторских и технологических решений, апробированных на головном корабле пр. 22350, специалисты ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро» разработали экспортный вариант этого корабля – многоцелевой фрегат пр. 22356, оснащенный самыми современными интегрированными комплексами и системами вооружения, способными обеспечить эффективное



Фрегат пр. 22356

выполнение широкого круга боевых задач, включая уничтожение надводных кораблей и судов, поиск и уничтожение подводных лодок противника, поражение наземных целей, противовоздушную, противолодочную и противокатерную оборону кораблей и судов соединения или конвоя, огневую поддержку высадки морских десантов.

При проектировании корабля имело место масштабное внедрение элементов технологии «стелс», способствующей снижению физических полей и, соответственно, заметности корабля в соответствующих диапазонах.

Корабль оснащен высокоэффективными радиолокационными, оптико-электронными комплексами освещения воздушной и надводной обстановки, мощными гидроакустическими комплексами, боевой информационно-управляющей системой последнего поколения, современными интегрированными комплексами радиоэлектронного

подавления, радиосвязи и радиопеленгования. На фрегате имеется оборудование для приема и постановки большого количества мин различных типов. Предусмотрено также размещение одного вертолета с погребом авиационного боезапаса.

При проектировании корабля особое внимание было уделено размещению и обитаемости личного состава. На корабле предусмотрено оборудование всех необходимых помещений, расположенных с учетом зонального принципа и обеспечивающих экипажу достойные условия службы в течение длительного периода времени.

Фрегаты пр. 22356 способны существенно усилить группировку надводных кораблей ВМС любого потенциального покупателя.

Необходимо также добавить, что на все представленные ОАО «Северное ПКБ» проекты кораблей могут быть установлены комплексы воору-

жения и комплектующее оборудование как российского, так и иностранного производства. Большой опыт сотрудничества с зарубежными фирмами в области кораблестроения позволяет бюро оперативно учитывать любые пожелания и обеспечивать техническое сопровождение постройки кораблей на отечественных верфях и производственных мощностях иностранных заказчиков.

Высокий научно-технический потенциал, современная производственная база, а также налаженные связи с ведущими научно-техническими центрами и судостроительными компаниями позволяют ОАО «Северное ПКБ» создавать высокотехнологичные, наукоемкие и конкурентоспособные образцы военной техники в области кораблестроения, а также оперативно реагировать на требования времени и потребности как ВМФ России, так и флотов иностранных государств. ■



«АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»: 310 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

*С.И. Васильева, редактор корпоративной газеты «Адмиралтеец»,
контакт. тел. (812) 714 8719*

«310 лет – это, действительно, солидная дата и большая история, которой мы не устаем гордиться. Но старейшее – не значит старое. И я уверен, колоссальный опыт, который уже на протяжении более трех столетий помогает нашему предприятию занимать лидирующие позиции в отечественном кораблестроении, будет востребован и в ближайшем будущем».

*А. С. Бузаков, генеральный директор
ОАО «Адмиралтейские верфи»*

5 ноября 2014 г. исполнилось 310 лет старейшему судостроительному предприятию России – «Адмиралтейским верфям».

За эти годы со стапелей предприятия сошли почти 3000 судов, от петровских галер до современных кораблей и уникальной подводной техники нового поколения.

Сегодня, несмотря на свой почтенный возраст, верфь является признан-

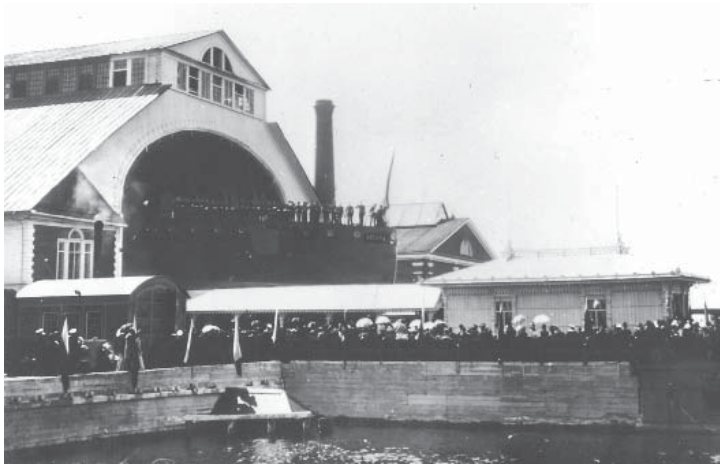


Санкт-Петербургское Адмиралтейство. Гравюра А.Ф. Зубова, 1716 г.

мым центром неатомного подводного кораблестроения России и остается одним из самых загруженных судостроительных предприятий Санкт-Петербурга и Северо-Западного округа, органично сочетая в работе традиции, опыт, современные технологии и способность строить надежные, качественные суда и корабли, соответствующие международным требованиям.

ОКНО В ЕВРОПУ

Вряд ли среди петербуржцев или гостей нашего города найдутся те, кому не знаком золотистый кораблик на шпиле здания Адмиралтейства, давно уже ставший одним из главных символов Северной столицы. В то же время, наверное, мало кто знает, что если мысленно соединить прямыми линиями первые главные строения Санкт-Петербурга:



Спуск на воду крейсера «Аврора», 1900 г.

Летний дворец Петра I, Меншиковский дворец, Петропавловскую крепость и Адмиралтейство, получится еще один символ – Андреевский крест, лежащий в основе Военно-морского флага России.

А объединяет эти поистине знаковые для нашего города и Российского флота основы – Адмиралтейство – главная верфь России, заложенная Петром Первым в ноябре 1704 г., чтобы «прорубить окно в Европу».

Верфи полностью оправдали свое историческое предназначение. Именно на кораблях адмиралтейской постройки ровно 300 лет назад была одержана первая значимая морская победа русского флота в Гангутском сражении, после которой Россия получила статус Великой морской державы.

Инженерами и мастерами «Адмиралтейских верфей» в разные годы были созданы корабли, ставшие ключевыми в истории флота России – это первый отечественный корабль открытого моря – 54-пушечная «Полтава», броненосная батарея «Не тронь меня», первый в России пароход «Елизавета», первый в мире мореходный миноносец «Взрыв»; корвет «Витязь»; прототип эскадренных броненосцев «Петр Великий»; крупнейший в истории отечественного кораблестроения линейный корабль «Гангут», самая крупная в стране рыбоперерабатывающая база «Восток», уникальные корабли командно-измерительного комплекса «Маршал Крылов» и «Маршал Неделин», предназначенные для отработки новых образцов ракетно-космической техники. Причем многие из них – и «потаенное судно» Ефима Никонова – прообраз первой в мире подводной лодки, легендарный крейсер «Аврора», первый в мире атомный ледокол «Ленин» и первая в мире титановая подводная лодка с жидкометаллическим реактором 705-го проекта – стали символами российского судостроения.

Летопись «Адмиралтейских верфей» включает в себя историю литейно-меха-

нического завода Берда, располагавшегося на нынешней территории и после 1917 г. вошедшего в их состав. С момента своего основания завод Берда поставлял котлы, паровые турбины и машины на суда и корабли, строившиеся на верфях. Помимо изделий судового машиностроения на заводе были выполнены многие государственные заказы для города, навсегда увековечившие имя Берда и «Адмиралтейских верфей» в истории Санкт-Петербурга. Особое место среди этих работ занимает сооружение Александровской колонны на Дворцовой площади, участие в строительстве Исаакиевского собора и изготовление подвесных частей многих петербургских мостов.

«НАМ ПОКОРИЛАСЬ ГЛУБИНА!»

В 1932 г. «Адмиралтейские верфи» начали осваивать новое для себя направление – строительство подводных лодок, которое на долгие годы станет основной специализацией предприятия. В предвоенные годы на верфях было построено 69 подводных лодок, что составило треть всего советского подводного флота. С той поры верфи вместе с подводным флотом России прошли все этапы становления и развития: от строительства средних подводных лодок (ПЛ) типа «Щ» и «М» до многоцелевых атомных ПЛ проекта 671 и его

модификаций, уникальных титановых АПЛ пр. 705, глубоководных станций и современных субмарин четвертого поколения пр. «Лада».

На предприятии была построена самая большая в истории верфей серия из 75 ПЛ пр. 641, в том числе в экспортном исполнении. Построенная в 1967 г. ПЛ «Кальвари», стала первой в СССР экспортной субмариной – заказчик Республика Индия.

«Адмиралтейские верфи» всегда отличались умением решать сложнейшие технические задачи и были своего рода «полигоном» для отработки новых технологий и создания подводных средств, аналогов которым не было в нашей стране и за рубежом.

Еще в довоенные годы на предприятии началось строительство экспериментальных ПЛ с единым двигателем для подводного и надводного плавания. В начале 50-х гг. адмиралтейцы отработывали конструкции с целью снижения общей шумности и увеличения скрытности ПЛ (установка главных двигателей на резиновые амортизаторы, не имевшая аналогов в мировой практике), одновременно отработывались первые отечественные конструкции системы работы двигателя под водой.

В середине 70-х гг. «Адмиралтейские верфи» работали одновременно над несколькими десятками заказов ПЛ, около 80% из них были опытными и уникальными. Адмиралтейцы принимали непосредственное участие в создании уникального стенда на полигоне Капустин Яр, где в дальнейшем отработывались пуски ракет с перспективных ПЛ. Стенды КВ-1 и КВ-2, построенные на верфях, использовались для отработки режимов эксплуатации энергетических установок. А на стендах в Сосновом Бору проходили обучение экипажи подводных лодок СССР.

В 1979 г. на предприятии была построена большая подводная база-лаборатория (ПБЛ-Л) пр. 1840. Единственная в своем роде лаборатория, созданная для проведения в морских условиях (на глубине до 300 м) исследований



Корабль измерительного комплекса «Маршал Крылов»

по длительному пребыванию людей в атмосфере дыхательных газовых смесей под давлением, равным забортному. Она позволяла испытывать образцы новой водолазной техники, отрабатывать методы спасения личного состава из затонувших объектов. Строительство ПБЛ-Л означало новый шаг в научно-исследовательских и экспериментальных работах по освоению Мирового океана.

В середине 60-х гг. «Адмиралтейские верфи» стали одним из пионеров отечественного строительства глубоководных аппаратов (ГА). В 1985 г. ГА «Поиск-6», построенный адмиралтейцами, впервые в истории нашей страны погрузился на глубину 6000 м.

На сегодняшний день на «Адмиралтейских верфях» построено более 300 подводных лодок различных проектов (из них 41 атомная), в том числе 37 на экспорт; 76 глубоководных и подводных аппаратов. И, конечно, без пре-



Глубоководные аппараты «Консул» и «Русь»

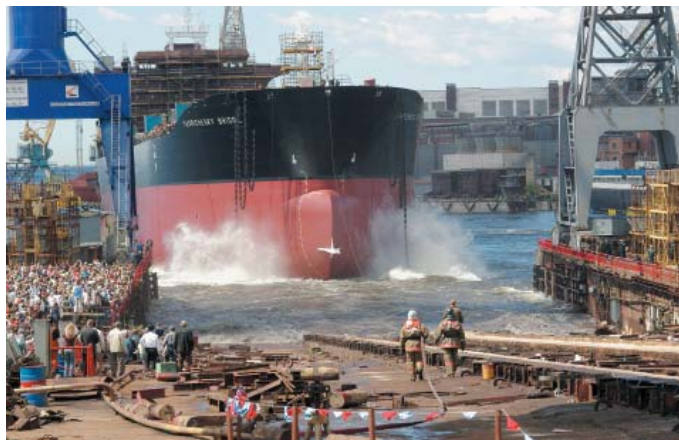
увеличения можно сказать, что на каждом этапе своей истории верфи вносили и продолжают вносить огромный вклад в развитие российского кораблестроения и укрепление обороноспособности нашей страны.

ВЕРФИ В XXI ВЕКЕ

В настоящее время ОАО «Адмиралтейские верфи» – мощное, динамично развивающееся предприятие, основная специализация которого – строительство неатомных ПЛ. В 2010 г. верфи передали ВМФ России головную неатомную подводную лодку четвертого поколения – «Санкт-Петербург» пр. «Лада».

В 2011 г. ВМФ России был передан автономный ГА «Консул», который во время глубоководных испытаний достиг рабочей глубины 6270 м.

В надводном судостроении специализацией верфей является строительство наукоемких высокотехнологичных судов. С начала нового столетия на предприятии построена серия из восьми танкеров дедвейтом 47 400 т



Спуск на воду танкера-продуктовоза «Таврический мост»

для компании «Совкомфлот», два танкера усиленного ледового класса дедвейтом 70 000 т «Михаил Ульянов» и «Кирилл Лавров», которые сегодня успешно работают с нефтедобывающей платформой «Приразломная» в Печорском море.

подтвердив заложенные в него технические характеристики.

ПО ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ

Сегодня наше предприятие – это современное высокотехнологичное многопрофильное производство, которое оснащено оборудованием ведущих мировых машино- и станкостроительных производителей. Производственные мощности верфи – это два открытых наклонных стапеля, пять крытых эллингов и два плавучих дока, что позволяет строить на предприятии современные корабли и суда дедвейтом до 70 000 т.

Использование современных технологий и новых разработок начинается на стадии формирования корпуса судна и заканчивается его послепродажным обслуживанием.

Так, при строительстве судов успешно применяется разработанная специалистами верфи технология изготовления стапельных конструкций без монтажных припусков, внедрена система размеренного контроля с проработкой электронной модели корабля и применением новых технологий в корпусообработывающем, сборочно-сварочном и корпусостроительном производствах.

Сегодня на верфях идет масштабная реализация Федеральной целевой программы развития оборонно-промыш-



Подводная лодка «Новороссийск»



Спуск на воду подводной лодки «Старый Оскол»

ленного комплекса и инвестиционной программы технического развития верфи, в рамках реализации которых создается новый современный комплекс по строительству неатомных подводных лодок и проводится модернизация действующего производства.

ВОЗРОЖДАЯ МОЩЬ РОССИЙСКОГО ВМФ

На «Адмиралтейских верфях» строится серия из шести подводных лодок модернизированного пр. 636 для ВМФ России, которые названы в честь героических городов нашей страны: «Новороссийск», «Ростов-на-Дону», «Старый Оскол», «Краснодар», «Великий Новгород» и «Колпино».

Новая модернизация знаменитой «Варшавянки» включает в себя современные комплексы и целый ряд новых разработок в области подводного кораблестроения.

22 августа 2014 г. в присутствии министра обороны РФ генерала армии Сергея Шойгу был поднят Военно-морской флаг на первом из шести кораблей серии – подводной лодке «Новороссийск».

В постройке находятся еще пять кораблей серии. Вторая ПЛ – «Ростов-на-Дону» – будет передана ВМФ до конца текущего года.



Спасательное судно «Игорь Белоусов»

Заместитель Председателя Правительства РФ Дмитрий Козак, присутствовавший в ноябре 2011 г. на церемонии закладки второго корабля серии, так оценил работу предприятия в новом столетии: ««Адмиралтейские верфи» – один из мощнейших, самых передовых и высокотехнологичных судостроительных заводов нашей страны. Это одно из немногих предприятий отрасли, которое, несмотря на все экономические катаклизмы, переживаемые нашей страной, всегда доказывало свою состоятельность качеством работы и выполнением всех заказов точно в срок!». И коллектив верфей продолжает делами подтверждать такую высокую оценку. Третья ПЛ «Старый Оскол» будет передана ВМФ весной 2015 г., в стапельном периоде строительства находится «Краснодар», а 30 октября, накануне 310-летия «Адмиралтейских верфей», заложены два корабля, завершающих серию – «Великий Новгород» и «Колпино».

В БУДУЩЕ С ОПТИМИЗМОМ

Надо отметить, что портфель заказов предприятия обеспечен до 2018 г.

Параллельно со строительством серии подводных лодок на верфях успешно реализуется ряд контрактов и в рамках военно-технического сотрудниче-

ства. В строительстве находятся 11 ПЛ (две серии модернизированного пр. 636 и серийная лодка четвертого поколения пр. 677 («Лада») «Кронштадт»), а также надводное судно-спасатель «Игорь Белоусов» со спасательным глубоководным аппаратом «Бестер-1» на борту. На судне-спасателе идут швартовные испытания, а спасательный аппарат готовится к выходу в море на второй этап заводских ходовых испытаний.

В октябре началась обработка металла для нового ледокола, закладка которого запланирована на начало 2015 г.

На «Адмиралтейских верфях» работает почти 7000 человек. На предприятии разработана собственная система подготовки высококвалифицированного персонала.

При этом уровень средней заработной платы одного производственного рабочего составляет более 57 тысяч, а высококвалифицированные специалисты зарабатывают до 80 тыс. рублей и выше. Предприятие предлагает своим работникам серьезный социальный пакет. На верфях работают база отдыха, детский лагерь, современный медицинский центр, действует спортивный клуб и Совет молодежи. И можно с полным основанием сказать, что в свой юбилей «Адмиралтейские верфи» уверены в завтрашнем дне.

Основные исторические вехи ОАО «Адмиралтейские верфи»

5 ноября 1704 г. – закладка Адмиралтейского дома.

Июнь 1712 г. – начало строительства галер на Галерном дворе.

8 января 1719 г. – начало строительства «Галерного острова».

С 1 января 1908 г. – Новое Адмиралтейство и «Галерный островок» вошли в состав Адмиралтейского судостроительного завода.

С 31 января 1972 г. – Ленинградское Адмиралтейское объединение.

С 30 марта 1992 г. – государственное предприятие «Адмиралтейские верфи».

С 2001 г. – Федеральное государственное унитарное предприятие «Адмиралтейские верфи».

С ноября 2008 г. – Открытое акционерное общество «Адмиралтейские верфи».

«Адмиралтейские верфи» награждены двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, орденом Отечественной войны I степени. Более тысячи работников предприятия награждены памятной медалью в ознаменование 300-летия Санкт-Петербурга.

За трудовые достижения более 200 работникам завода присвоено Почетное звание «Заслуженный адмиралтеец», 120 – «Заслуженный специалист России», 37 адмиралтейцев являются лауреатами Ленинской и Государственной премий.

Два работника верфи удостоены звания Героя Советского Союза, семь – Героя Социалистического Труда, два – Героя России. ■

Современный технический, рыбопромысловый и научно-исследовательский флот России нуждается в срочном обновлении, что признают и соответствующие ведомства. В 2012 г., присутствуя на заводе «Пелла» при закладке судна для ярусного лова донных рыб в Баренцевом море, глава Росрыболовства отметил: «Наш флот строился в семидесятые–восьмидесятые годы прошлого века и устарел морально и физически. По сравнению с норвежцами мы сейчас находимся где-то в средневековье, веке четырнадцатом. Если не начать его обновление сейчас, то к 2016 г. Россия будет вылавливать меньше на один миллион тонн рыбы в год».

Учитывая реальные потребности российских компаний в обновлении флота, ОАО «ЛСЗ «Пелла» с 2012 г. реализует инвестиционный проект на собственные и привлеченные внебюджетные средства – строит новый судостроительный комплекс в Ленинградской области, общая стоимость которого оценивается примерно в 3 млрд. руб.

В 2011 г. предприятием по согласованию с региональными органами власти был выкуплен участок земли площадью около 20 га на берегу р. Нева в г. Отрадное Кировского района Ленинградской области – на 3,5 км ниже по течению от существующей площадки «Пеллы».

На действующей территории завода из-за порогов на фарватере Невы существуют ограничения по осадке строящихся судов – не более 3,5–4 м. Поэтому сейчас завод получает возможность вести строительство судов технического флота: буксиров, лоцманских катеров и других специальных судов с осадкой не более 4 м и длиной до 50 м в количестве 12–15 ед. в год. Из них по государственным заказам различных федеральных ведомств предприятие ежегодно выпускает не менее семи– девяти судов.

На новом участке р. Нева нет ограничений – пороги отсутствуют, поэтому «Пелла» планирует организовать там серийное строительство и спуск на воду до 10 морских судов в год длиной до 100 м, шириной до 22 м, с осадкой до 6 м и весом до 3000 т, в том числе:

- специальных судов технического флота: буксиров повышенной мощности усиленного ледового класса, гидрографических и других специальных судов, в том числе для обеспечения работы объектов инфраструктуры Северного морского пути;

- судов рыбопромыслового флота (суда для ярусного лова донных рыб, разноглубинные траулеры, научно-исследовательские суда для отраслевых институтов Росрыболовства), которые должны строиться в России во исполнение п. 1б и 2в Перечня поручений Президента РФ по вопросам развития рыбохо-

НОВЫЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОАО «ПЕЛЛА»

И. Л. Вайсман, зам. ген. директора по развитию ОАО «ЛСЗ «Пелла», контакт. тел. (812) 336 4067, 336 4066

зяйственного комплекса от 21.03.2013 г. №Пр-613 и аналогичных поручений высшего руководства страны за 2014 г.

Для реализации проекта заводом выполнены подготовительные работы по разминированию и планировке участка до строительных отметок, проектирование и экспертиза проектной документации, строительство всех объектов, производственных цехов и гидротехнических сооружений (судоспускного канала и достроечных набережных), закуплены и установлены технологическое оборудование и краны.

В 2014 г. завершается строительство всех основных объектов нового комплекса, а именно:

- административно-бытового корпуса, энергоблока, склада судовых комплектующих изделий,

- единого блока корпусозаготовительного, сборочно-сварочных и стапельных цехов общей площадью 33 300 м².

В корпусозаготовительном цехе длиной 150 м, шириной 30 м, с кранами грузоподъемностью 10 т установлено современное оборудование для обработки за год до 10 тыс. т листового и профильного проката – современные высокопроизводительные прессы, вальцы и станки для гибки листа и профиля. Традиционно для производства металлических корпусов судов «Пелла» использует стальной прокат, который не требует дополнительной обработки: правки, грунтовки и т. д. Листовой металл в корпусозаготовительном цехе будет резаться на машинах теп-

ловой резки с ПУ производства «Пелла-Маш» (одна из дочерних компаний в составе ОАО «Пелла»).

Далее заготовки будут перемещаться в сборочно-сварочные и стапельные цеха, которые расположены в четырех параллельных пролетах, каждый длиной по 240 м и шириной по 30 м, с кранами грузоподъемностью по 32 т. Здесь происходит изготовление секций, модулей и блоков нового судна. Затем из блоков, установленных на специальных универсальных опорах, на стапелях формируется корпус нового судна, монтируется основное судовое комплектующее оборудование.

Из блока цехов судно перемещается на трансбордерную плиту. Для этого под опоры построенного судна подводится связанные между собой в единый поезд специальные транспортные тележки (до 10 пар тележек, каждая грузоподъемностью 173 т), и по вытяжным путям этот транспортный поезд с одним «машинистом» перемещает судно сначала на открытый стапель, а затем на клиновидную платформу, установленную на судоспускном канале длиной 360 м и шириной 30 м.

Проектирование, изготовление и поставку оборудования для перемещения судов по вытяжным путям и основных машиностроительных узлов клиновидной платформы осуществила норвежская компания «TTS Group ASA».

На береговой части комплекса расположены достроечные набережные и здания достроечных цехов – трубо-



Рыбопромысловое судно пр. PL-475

медницкого, оборудования и отделки судовых помещений, электромонтажного, малярно-изоляционного и др.

Новый комплекс позволит создать в регионе не менее 1200 новых рабочих мест.

Объем выпуска морских судов с учетом мощностей нового комплекса завода составит 15–17 млрд. руб. в год. В настоящее время завершается формирование портфеля заказов на строительство в 2015–2016 гг. первых серий судов технического и рыбопромыслового флота.

АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» провело рабочую и квалификационную экспертизу данного проекта (его инициатор и лидер – генеральный директор ОАО «Пелла» Г.Р. Цатуров) и получило положительную оценку от ведущих министерств и ведомств, администрации Ленинградской и Мурманской областей, Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Проект был рассмотрен и одобрен на заседании Наблюдательного Совета АСИ под председательством Президента России В. В. Путина в ноябре 2013 г.

При реализации проекта наиболее сложным оказался вопрос об оформлении Распоряжения Правительства РФ на разрешение строительства искусственного земельного участка на берегу р.Нева, прилегающего к новому комплексу, без проведения открытого аукциона, как это предусмотрено ст. 7 Федерального закона № 246-ФЗ от 19.07.2011 г. «Об искусственных зе-

мельных участках, созданных на водных объектах, находящихся в федеральной собственности» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Кроме этого, с участием компаний-монополистов («Ленэнерго», «Газпром» и т. д.) необходимо было решить вопросы об условиях и сроках технологического присоединения мощностей нового судостроительного комплекса ОАО «Пелла» к сетям (магистральям) электро- и газоснабжения. До настоящего времени эти вопросы пока остаются нерегулированными.

Предполагается, что цены на выпускаемые заводом суда будут ниже европейских аналогов на 15% при сопоставимых качественных показателях и сроках постройки. На существующих мощностях «Пеллы» продолжится строительство морских судов длиной до 48 м: буксиров, лоцманских судов, служебно-разъездных катеров, спасательных шлюпок, лодок из композитных материалов и производство другой продукции.

Планируемый ввод в эксплуатацию производственных цехов на новой площадке – четвертый квартал 2014 г., выход на проектную мощность комплекса – начало 2018 г. Выпуск морских судов составит 2 ед. и будет ежегодно возрастать по 2 ед., чтобы через четыре года довести его до 8 ед. Расчетная годовая загрузка нового комплекса в итоге составит 8–10 млрд. руб. продукции в год, что будет достигать до 20%

от общего объема судов аналогичного назначения на российском рынке.

Для обеспечения качества производства и гарантии сбыта рыбопромысловых судов заводом и рыбопромысловой компанией ООО «Персей» (г. Мурманск) создана совместная судостроительно-рыбопромысловая компания «Персей-Пелла».

Рабочая документация на новые суда разрабатывается собственными заводскими службами конструкторско-технологической подготовки производства, на основе класс-проектов, полученных от зарубежных компаний, с учетом требований технических заданий заказчиков. Отраслевыми институтами Росрыболовства (ВНИРО, ПИИРО и Гипрорыбфлот) согласовано техническое задание на новое научно-исследовательское судно длиной около 70 м.

За последние 15 лет ни государством, ни владельцами судоходных или рыбопромысловых компаний не было принято никаких взаимных конкретных обязательств о своевременном обновлении флота, постройке новых морских судов, поэтому в России современные высокотехнологичные суда строились в весьма незначительных объемах.

Строительство и освоение мощностей нового комплекса завода «Пелла» направлено на достижение общей цели – ускорение возрождения серийного строительства современных судов для отечественного технического и рыбопромыслового флота. ■

24 октября 2014 г. осуществлен спуск на воду многоцелевого буксира-спасателя МБ-121 пр. 02980 (ПС-45) зав. №801.

Данный буксир – первое судно нового проекта, серия которых строится по заказу ВМФ РФ для решения широкого спектра задач флота.

Спуск проведен по уникальной технологии с помощью судоспускowego канала – гидротехнического сооружения комплекса, одной из ключевых зон судостроительного комплекса завода «Пелла», где осуществляются завершающие этапы строительства судов. В данном проекте применена современная технология продольного спуска судов на клиновидной платформе с высокой степенью автоматизации. Судно, стоящее на специальных опорах, вместе с этими опорами приподнимается и по вытяжным путям передвигается на открытый стапель специальным устройством – судопоездом, состоящим из 10 пар судоспускowych тележек с электро- и гидроприводами.

На специальный монитор у машиниста этого судопоезда выводится информация о распределении фактиче-

ПЕРВЫЙ БУКСИР-СПАСАТЕЛЬ НОВОГО ПРОЕКТА СПУЩЕН НА ВОДУ



ской нагрузки веса судна с опорами на каждую тележку, чтобы не допускать их перегрузки. Перед спуском судопоезд передвигает судно с опорами на клиновидную платформу, которая затем с помощью лебедок плавно перемещается вниз вдоль путей судоспускowego канала, расположенных под углом 3°. При

погружении платформы в воду установленное на ней судно всплывает. Затем оно выводится к достроечной набережной. Глубина канала в районе полного всплытия судна – 20 м.

На церемонии спуска присутствовали представители заказчика и заводчане, а также почетные гости. ■



Ю. Н. Таратонов

Историю завода «Северная верфь» принято отсчитывать с ноября 1912 г. Горькие уроки русско-японской войны заставили власти страны обратить внимание на состояние российского ВМФ. Именно программа его развития позволила построить на окраине Санкт-Петербурга новую верфь невиданных размеров и производительности.

Изначально завод был ориентирован на создание эскадренных миноносцев новейших проектов того времени и с тех пор специализируется на строительстве боевых надводных кораблей ВМФ различных классов.

За столетнюю историю заводом построено свыше 250 боевых кораблей классов «крейсер», «эсминец», «фрегат», «сторожевой корабль», «тральщик» и более 280 коммерческих судов и гражданской морской техники для флотов различного назначения, в том числе на экспорт.

Сейчас завод является головным исполнителем гособоронзаказа по приоритетным образцам новейших вооружений и военной специальной техники морских сил общего назначения ВМФ: корветов, фрегатов, судов связи и тылового обеспечения и выполняет до 75% общего объема заказов по надводному кораблестроению.

В производственном задании завода на 2014–2020 гг. Министерством обороны запланированы постройка и сдача ВМФ 17 ед. современных корветов, фрегатов и специальных судов нового поколения, включая головные образцы по каждому классу.

Перспективная программа обновления и наращивания морских сил общего назначения морской и океанских зон ставит на обозримый период до 2025 г. задачу оснащения ВМФ надводными кораблями в общей сложности до 70–80 ед. в том числе классов корвет пр.20380/20385/20386/ОВР и их модификаций, фрегат пр.22350, а также эсминцев перспективного проекта.

Решение задачи усиления корабельного состава морских сил общего назначения ВМФ требует от завода ускоренного развития своего производственно-технологического потенциала за счет глубокой модернизации, технического перевооружения и расширения мощностей действующих производств для создания производственной базы качественно нового технологического уровня.

С этой целью на заводе разработан Стратегический план реконструкции мощностей без остановки действующего производства при непрерывном увеличении объемов сдачи кораблей в процессе реконструкции.

План реконструкции предусматривает создание на части территории завода «Северная верфь» площадью около 40 га двух основных технологических потоков судостроения, архитектурно-пространственно организованных на принципах «Компакт-Верфь» с прямочной технологией процессов строительства кораблей и судов. По сути, этот план – версия инвестиционного проекта «Верфи Санкт-Петербурга», разработанного ОАО «ЦТСС» в 1998 г. и адаптированного к сов-

ВЕРФИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: НОВАЯ ВЕРСИЯ ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МОЩНОСТЕЙ ОАО СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ» БЕЗ ОСТАНОВКИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ПРОГРАММЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «ОСК»

Ю. Н. Таратонов, вице ген. директора
ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 0460

ременным условиям проектантскими «ИМГ» и ОАО «ЦТСС» при активном участии завода, который включает два технологических потока:

– **первый** – «**Производственный комплекс специального судостроения**» – предназначен для постройки боевых надводных кораблей и специальной морской офшорной техники, освоенной заводом при использовании двойных технологий. Мощность – 40 тыс.т обработки проката в год.

– **второй** – «**Доковый комплекс крупнотоннажного судостроения**» – предназначен для производства перспективных объектов гражданской и военной морской техники с размерениями до 325×63 м. Мощность – 80 тыс.т обработки проката в год.

Стратегия развития мощностей завода «Северная верфь» направлена не только на создание базовых условий для ускорения реализации госпрограммы вооружений по морской составляющей надводного кораблестроения в текущем периоде, но и предусматривает на перспективу возможность создания принципиально новой производственно-технологической базы для образования в Санкт-Петербурге центра мегатоннажного судостроения Северо-Западного региона по производству офшорной морской техники для освоения углеводородных месторождений на морском и Арктическом шельфе по госпрограмме «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.», утвержденной Правительством РФ 24.12.2012 г. № 2514.

Перспектива развития мощностей ОАО «Судостроительного завода «Северная верфь» для строительства крупнотоннажной морской техники была детально изучена специальной образованной экспертной группой ОАО «Газпром» с участием специалистов «Крыловского центра», «ЦНИИ ТС» и «Гипроспецгаз», которая дала положительное заключение о возможности размещения заказа ОАО «Газпром» на строительство 8 ед. танкеров-перевозчиков СПГ вместимостью 155 тыс.м³ СПГ и 3 ед. – 216 тыс.м³. для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения, в случае создания «Докового комплекса» по представленному проекту. Заключение, сделанное экспертами ОАО «Газпром», было также подтверждено специалистами «Мицубиси-Мицубиси» (Япония) и «Самсунг» Ю. Корея.

При этом экспертами были учтены: выгодное географическое местоположение на Финском заливе; приспособленность территории к проведению строймонтажных работ без воздействия на текущую производственную программу; базовое наличие профессиональных кадров; развитую инфраструктуру территории; стройную, технически обоснованную идеологию разделения технологических потоков военного кораблестроения и гражданского крупнотоннажного судостроения, создающую благоприятные условия привлечения инвестиций в создание «Докового комплекса» – центра крупно- и мегатоннажного судостроения в Санкт-Петербурге на территории

действующего предприятия ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь».

Согласно расчетам «IMG», в существующих условиях завода «Северная верфь», стоимость создания «Докового комплекса» ориентировочно составляет порядка 450 млн. евро (20 млрд руб.) Срок исполнения – 4–4,5 года, окупаемость – до 10 лет.

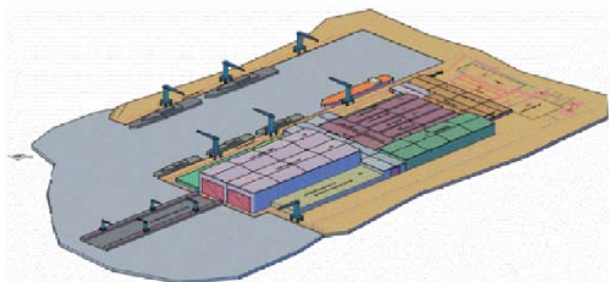
Таким образом, из всех рассматриваемых за последнее время высоко затратных проектов новых верфей крупнотоннажного судостроения в Северо-Западном регионе план реконструкции действующих мощностей завода «Северная верфь» с созданием крытого сухого дока размерами 400×70 м представляется наиболее реалистичным по срокам, затратам и обеспечению трудовыми ресурсами.

Тем не менее для принятия решения об инвестициях в этот проект, необходимы гарантии в востребованности мощностей крупно- и мегатоннажного судостроения именно на территории России. Такими гарантиями могут стать либо государственный заказ на их создание для исполнения утвержденной государственной программы «Развитие судостроения на 2013–2030 гг.» с адресным прикреплением заказов либо фьючерсные контракты с основными потенциальными, подконтрольными государству заказчиками: «Роснефть», «Газпром», «Совкомфлот» и другими, под программы развития которых необходима современная офшорная гражданская морская техника. При этом цена первых головных и серийных образцов до 5-го включительно, заказываемая ими на такой верфи, по мнению экспертов ОАО «Газпром», должна быть выше рыночной примерно на 15%, что необходимо для освоения принципиально новых технологий крупнотоннажного судостроения, впервые применяемых на российских верфях.

Представленные концепция и стратегия реконструкции мощностей Судостроительного завода «Северная верфь» с разделением векторов развития на два основных технологических потока или две «Компакт-верфи» военного кораблестроения и гражданского судостроения оригинальна тем, что может воплощаться последовательно по потокам (этапам) или последовательно-параллельно одновременно по двум технологическим потокам (этапам) в зависимости от целевых задач по конкретному продуктовому ряду. При этом, организационно-технологически не будет иметь значение какая из «Компакт-верфей» будет создана в первоочередном порядке.

Главное – в российском судпроме появляется качественно новая производственно-технологическая база на действующем предприятии при постоянном увеличении объемов выпуска продукции в процессе реконструкции и выходом на проектную мощность к моменту завершения самой реконструкции.

В результате будет образовано многофункциональное российское судостроительное предприятие, обладающее современным потенциалом, достаточным для решения любых задач по обеспечению экономических интересов и национальной безопасности государства в морской и океанской зонах, включая создание морских авианесущих комплексов из группировок кораблей, ядром которых является авианосец. ■



Проект производственного комплекса специального судостроения



Проект докового комплекса крупнотоннажного судостроения



Современный вид завода



Новые корабли у достроечной набережной завода «Северная верфь»



Врио генерального директора ОАО «СЗ «Северная верфь» Ю. Н. Таратонов знакомит заместителя Председателя Правительства РФ Д. О. Рогозина с проектом модернизации производственных мощностей завода

ВВЕДЕНИЕ

Средний срок службы судов-спасателей флота Госморспасслужбы России превышает 26 лет. Дальнейшая эксплуатация судов с таким сроком службы сопряжена со значительными затратами на текущее содержание, техническое обслуживание и ремонт, а также с увеличением риска аварийных происшествий и заметным моральным старением оборудования и самих концептов судов. В подобной ситуации единственным выходом является строительство новых судов для обеспечения аварийно-спасательной готовности (АСГ). Поэтому Росморречфлотом с 2008 г. было развернуто проектирование и строительство целой «линейки» таких судов современных концептов (MPSV06, MPSV07, MPSV09, MPSV12) мощностью от 2 до 7 МВт для различных районов и условий работы, а также несколько меньших по размерам морских водолазных судов (МВС) пр. SDS08, ряда других проектов (суда обеспечения пр. DCV61). Проектирование этих концептов осуществляло «Морское Инженерное Бюро» (рис. 1).



Рис. 1. Новое многофункциональное спасательное судно «Спасатель Карев» арктического ледового класса пр. MPSV07

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Анализ характеристик существующих спасательных судов и фактически выполняемых ими функций в России и других странах, а также современных аналогов показывает, что общей тенденцией является строительство многофункциональных арктических спасательных судов (МАСС) длиной 50–60 м и более и повышение мощности энергетической установки.

Такие МАСС должны быть хорошо приспособлены для выполнения следующих функций:

- патрулирование, аварийно-спасательное дежурство в районах интенсивного судоходства, рыбного промысла, морских нефтяных и газовых промыслов;
- поиск, спасение, эвакуация и размещение людей, оказание им медицинской помощи;
- снятие с мели и рифов аварийных судов, откачка воды из затопленных отсеков;
- буксировка аварийных судов и объектов к месту убежища, а также выполнение морских буксировок судов, плавучих объектов и сооружений во льдах и на чистой воде, оказание помощи судам и выполнение спасательных работ в ледовых условиях и на чистой воде;
- оказание помощи в тушении пожаров на плавучих и береговых объектах, доступных для подхода с моря;
- тыловое и техническое обеспечение, в том числе выполнение подводно-технических работ водолазов на глубинах до 60 м;

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОССИЙСКИХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СУДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

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

- тушение горящего на воде топлива, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН);
- освидетельствование и очистка подводной части корпуса судов, плавучих и береговых объектов.

Для успешного выполнения всего этого спектра аварийно-спасательных работ суда должны иметь достаточные ледопроездимость, ходкость на чистой воде и мореходность.

Наличие сложного сочетания функций приводит к взаимно противоречивым тенденциям при выборе обводов, главных размерений и других характеристик МАСС. Например, при выборе пропульсивного комплекса одновременно необходимо выполнить условия по четырем режимам эксплуатации:

- переход с эксплуатационной скоростью (примерно 70% от полного хода), характерный для нахождения в заданном районе и для обычных переходов судна;
- режим полного хода при выходе на спасение;
- буксировка плавучих объектов;
- эксплуатация во льдах, в том числе обеспечение ледокольных функций.

Поскольку для судов с высокими ледовыми свойствами применение винтов регулируемого шага не рекомендуется, понятно, что оптимальное решение этой задачи для всех четырех режимов невозможно. Практический подход состоит в поиске «золотой середины» – компромиссного решения [3].

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМЫ КОРПУСА

Широкий спектр вышеупомянутых требований требует большого внимания и обоснованности в принятии решений, особенно на начальных стадиях проектирования судна. Форма корпуса судов ледового плавания является компромиссом между двумя противоречивыми требованиями – ледопроездимостью и ходкостью на чистой воде. Соответствующий баланс между ними определяется приоритетом миссии судна. Следует иметь в виду, что обычной платой за ледопроездимость являются плохая ходкость и мореходность.

В качестве прототипов рассматривались: ледокольные суда различного назначения, включая ледоколы мощностью до 10 МВт, предназначенные для ледокольного обслуживания транспортных судов на подходовых участках к портам, расположенным на побережье замерзающих неарктических морей; многофункциональные суда обеспечения и снабжения для обслуживания буровых установок – арктические транспортные буксиры-снабженцы и суда обеспечения, участвующие в защите буровых установок от воздействия льда, а также в их транспортном обслуживании и эпизодических буксировках. При этом учитывался тот факт, что суда, обслуживающие буровые платформы, при доставке снабженческих грузов совершают значительные переходы по чистой воде. Для современных ледоколов также характерно сочетание высоких ледокольных и удовлетворительных мореходных качеств, так как в летнее время они совершают значительные переходы по чистой воде.

Более широкий спектр работ многофункциональных спасательных судов в сравнении со специализированными ледоколами *принципиально меняет* подход к выбору формы корпуса. Поскольку, кроме выполнения ледокольных операций спасательные суда должны работать согласно основному назначению, для них не могут быть рекомендованы обводы традиционного ледокольного типа. Наиболее предпочтителен компромиссный вариант обводов, обеспечивающий требуемый уровень ходовых качеств судна как в ледовых условиях, так и на чистой воде.

Научную поддержку создания судов – спасателей нового поколения «Морского Инженерного Бюро» осуществлял ЦНИИ морского флота (генеральный директор, канд. эконом. наук Сергей Буянов, профессор, д-р техн. наук Лолий Цой).

ЛЕДОПРОХОДИМОСТЬ

Основной эксплуатационный критерий в ледовых условиях – это зависимость скорости от ледопроеходимости, характеризующейся толщиной ровного сплошного льда с прочностью на изгиб не менее 500 кПа преодолеваемого судном с устойчивой скоростью 1,5–2 уз при движении на ледовом маршруте. Принятие ледопроеходимости в качестве критерия ледовой ходкости основано на том, что она является интегральным показателем, учитывающим такие параметры, как тяга гребных винтов, форма корпуса, главные размерения, материал корпуса и др.

Основными отличительными признаками формы обводов судов с высокой ледопроеходимостью являются ложкообразная носовая оконечность с большим развалом бортов, смещение максимальной ширины в нос от миделя, значительная протяженность цилиндрической вставки с малым развалом борта, наличие сломов судовой поверхности [6]. Ложкообразная форма позволяет улучшить ледопроежимость судна в ровных сплошных льдах при некотором снижении работоспособности в торосах. Днище корпуса образует ледоотводящий скег, с помощью которого обломки льда направляются под кромки канала и менее интенсивно попадают к винтам, неззащищенным насадками. Для носовых обводов характерно наличие ледового уступа высотой около 60% от осадки, служащего для размещения носового подруливающего устройства. Значительная высота ледового уступа в сочетании с ложкообразной формой приводит к уменьшению угла наклона форштевня.

Отличительная особенность многофункционального арктического судна – применение в качестве пропульсивного комплекса двух полноповоротных винторулевых колонок, которые в комплексе с двумя носовыми подруливающими устройствами обеспечивают повышенную маневренность как на чистой воде, так и во льдах.

Результаты обширных экспериментальных исследований (серийных модельных и натурных испытаний ледоколов и ледокольных судов различного назначения) позволили выявить характеристики формы корпуса судна, в наибольшей степени влияющие на ледопроежимость.

Испытания серии моделей свидетельствуют о наличии оптимальных параметров формы носовой оконечности судна с точки зрения ходкости в сплошном льду. Оптимум достигается, главным образом уменьшением угла наклона форштевня до 15 град. и увеличением углов заострения КВЛ и развала борта на НП практически до 90 град. Однако наилучшая ледопроежимость достигнута моделями с усовершенствованными традиционными (компромиссными) обводами, где значение углов i_E и β_0 имеют промежуточные значения и соответственно равны 45 и 65 град. Это позволяет рассматривать указанные характеристики формы носовой оконечности как наиболее рациональные.

Таким образом, при выборе формы обводов носовой оконечности наиболее перспективным следует считать дальнейшее совершенствование традиционных обводов корпуса, позволяющее обеспечить гармоничное сочетание хороших ледовых качеств судна в условиях эксплуатации, как в сплошных, так и в природных битых льдах.

ХОДКОСТЬ НА ЧИСТОЙ ВОДЕ И НА ВОЛНЕНИИ

При выборе формы корпуса судов ледового плавания, как правило, приходится принимать компромиссные решения, позволяющие обеспечить удовлетворительные мореходные качества и заданную ледовую ходкость. В значительной мере это распространяется на МАСС, которые значительную часть эксплуатационного времени будут плавать в условиях чистой воды.

Учет влияния параметров формы обводов носовой оконечности на ходкость на тихой воде и волнении осуществлялся по данным серии модельных экспериментов серии ледокольных судов с обводами традиционного типа и с усовершенствованными обводами [9].

Удовлетворительная ходкость на тихой воде и волнении, полученная для ледокольных судов с усовершенствованной традиционной формой корпуса, позволяет считать ее наиболее рациональной для МАСС перспективной постройки. При этом углы наклона форштевня ϕ и носового заострения КВЛ i_E , близкие к 20 и 45 град., соответственно обеспечивают высокие ледовые качества. На рис. 2 представлена форма корпуса одного из новых концептов. Сплошные линии соответствуют первоначальной форме, пунктирные – улучшенной. Трехмерная модель обводов приведена на рис. 3.

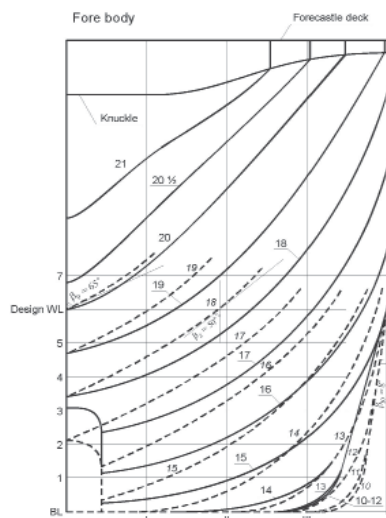


Рис. 2. Исходная и оптимизированная форма корпуса

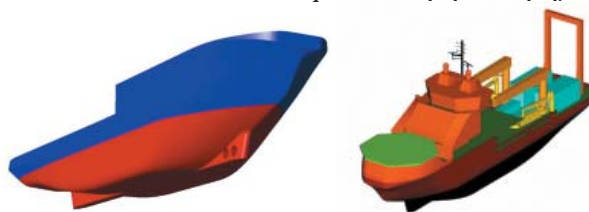


Рис. 3. Трехмерная модель формы корпуса (вид с носа)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СПАСАТЕЛЬНОЕ СУДНО-ЛЕДОКОЛ МОЩНОСТЬЮ 7 МВт

В результате проработок, изложенных в предыдущих разделах, «Морским Инженерным Бюро» было спроектировано МАСС мощностью 7 МВт с классом Российского морского регистра судоходства **KM Icebreaker 62 AUT1-ICS OMBO FF2WS DYNPOS-1 EPP Salvage ship**.

Основные характеристики МАСС пр. MPSV06:

Длина габаритная, м	ок. 86,0
Длина по КВЛ, м	77,47
Ширина габаритная, м	ок. 19,00
Ширина по КВЛ, м	18,00
Осадка по КВЛ, м	6,0
Скорость, уз	15
Ледопроежимость, м	1,0
Автономность, сут	30
Тяговое усилие на швартовах, кН	ок. 800

Судно оборудовано дизель-электрическим пропульсивным комплексом в составе четырех дизель-генераторов суммарной мощностью 10,6 МВт, двух гребных электродвигателей переменного тока, обеспечивающих работу двух полноповоротных винторулевых колонок мощностью 3,5 МВт на каждом винте. Для работы во льдах винторулевые колонки оборудованы винтами фиксированного шага без насадок.

Судно оборудовано также двумя носовыми подруливающими устройствами типа «винт в трубе» мощностью 900 кВт каждое. Подруливающие устройства совместно с винторулевыми колонками обеспечивают выполнение требований к судам с символом DYNPOS-1 в классе.

Для выполнения морских буксировок на судне предусмотрена кормовая буксирная лебедка с тяговым усилием около 900 кН.

Судно оборудовано спасательным скоростным рабочим катером для доставки аварийной партии и аварийного снабжения, а также сбора людей с поверхности воды.

В качестве средства спасения людей с поверхности воды предусмотрена установка морской эвакуационной системы, кроме того, судно оборудуется специальной спасательным плотом для подъема людей из воды и сеткой для массового сбора людей из воды.

На судне установлен водолазный комплекс для выполнения работ на глубинах до 60 м (с аппаратурой подводного телевидения, подводной резки и сварки) в контейнерном исполнении, а также глубоководного (до 300 м) мобильного водолазного комплекса в контейнерном исполнении.

Кроме того, судно оборудовано бортовой нефтесборной системой, двумя скиммерами щеточного типа, двумя комплектами бонового заграждения длиной 250 м каждый, а также двумя катерами-бонопостановщиками, а также средствами борьбы с пожаром на других судах в соответствии с требованиями к судам с символом FF2 в классе, а также системой водяных завес и орошения (WS). В носовой части судна установлена площадка для приема вертолетов. Базирование вертолетов на судне не предусматривается. На судне имеется глубоководный (до 1000 м) телеуправляемый аппарат типа «Scorpio», а также гидролокатор бокового обзора.

Для спуска и подъема аппарата типа «Scorpio», катеров, водолазного оборудования и развертывания средств ЛАРН на судне предусмотрена установка двух поворотных кранов грузоподъемностью 32 т и вылетом стрел 22,5 м, а также кормового крана грузоподъемностью 80 т и А-образной стрелой.

Для улучшения параметров обитаемости на судне установлен успокоитель бортовой качки, работающий на основе принципа вытеснения жидкости сжатым воздухом

Общее расположение судна представлено на рис. 4.

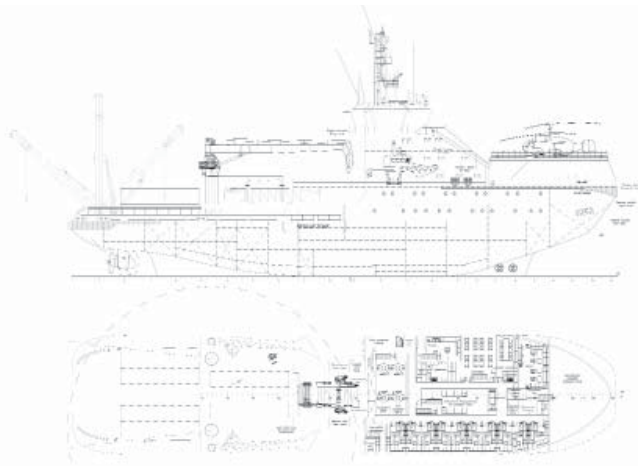


Рис. 4. Общее расположение проекта судна-спасателя мощностью 7 МВт

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ледопроходимость. Ледовые испытания модели МАСС – ледокола мощностью 7 МВт – проводились в ледовом бассейне финского исследовательского института Aker Arctic [1]. Целью испытаний являлось гарантированное обеспечение ледопроходимости судна в сплошном льду на переднем ходу. При скорости переднего хода 1,5–2,0 уз толщина сплошного льда, со снежным покровом толщиной 20–25 см должна составлять не менее 1,0 м. Исследовалась ледопроходимость в сплошном льду на заднем ходу, также как ледопроходимость в канале и в шуге на переднем и заднем ходу.

Модель судна была выполнена в масштабе 1:20 и оборудована комплектом полноповоротных винторулевых колонок типа Azipod. Диаметр винтов – 170 мм. Общий вид оборудованной модели представлен на рис. 5.



Рис. 5. Модель, испытанная в ледовом бассейне фирмы Aker Arctic (вид с носа и с кормы)

Общее число ледовых режимов – 4, из них 2 на переднем ходу и 2 на заднем. Толщина сплошного льда составляла 1,10 м и 0,60 м на переднем и заднем ходу. Программа испытаний была идентична на каждом ледовом режиме. Некоторые детали испытаний представлены ниже (см. рис. 6, 7).

Как показали результаты испытаний судна, ледопроходимость судна в сплошном льду на переднем ходу полностью отвечает требованиям. Ледопроходимость в сплошном льду на заднем ходу несколько хуже, чем на переднем. С уменьшением толщины льда ледопроходимость на заднем ходу становится лучше, чем на переднем. В мелководном льду движется очень хорошо и не испытывает затруднений в движении на переднем и заднем ходу, при развороте в канале.



Рис. 6. Фрагменты видеозаписей испытаний при толщине льда 0,50 и 1,00 м



Рис. 7. Фрагменты видеозаписей испытаний на заднем ходу при толщине льда 1 и 10 м

Ходкость на чистой воде. На первом предварительном этапе CFD-методом были проведены численная оценка бук-

сировочного сопротивления и ходкости судна. Некоторые результаты этих оценок представлены на рис. 8–10.

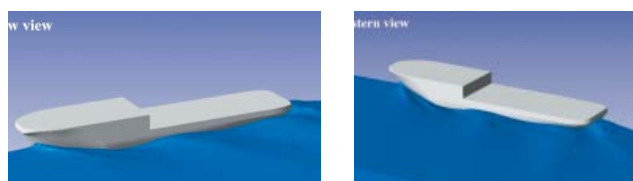


Рис. 8. Возмущенная свободная поверхность при движении со скоростью 15 уз

Затем на больших моделях были проведены предварительные буксировочные и самоходные испытания в опытном бассейне Санкт-Петербургского университета водных коммуникаций на тихой воде. Общий вид одной из больших моделей представлен на рис. 11.

На следующем этапе дополнительные буксировочные и самоходные испытания в опытном бассейне Одесского национального морского университета были произведены с целью получения необходимых данных для проектирования гребного винта полноповоротной винторулевой колонки (ВРК). Испытания включали буксировку голого корпуса, корпуса с выступающими частями, включая насадку ВРК, самоходные испытания в швартовом режиме и режиме полного хода.

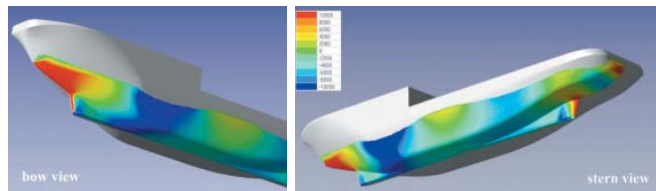


Рис. 9. Распределение гидродинамических давлений по смоченной поверхности корпуса без ДРК при движении на тихой воде со скоростью 15 уз (исключая гидростатическое давление)

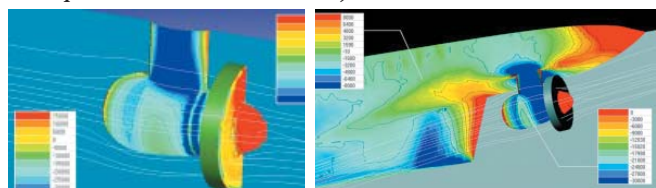


Рис. 10. Распределение гидродинамических давлений по смоченной поверхности корпуса с ВРК при движении на тихой воде со скоростью 15 уз (исключая гидростатическое давление) вид с кормы

Испытания модели полноповоротной ВРК, состоящей из насадки, винта и обтекателя в открытой воде явились следующим этапом исследований. Схема и устройство экспериментальной установки представлены на рис. 12. Испытания и последующий пересчет их результатов на натуру проводились в соответствии с процедурой рекомендованной Международным Комитетом опытовых бассейнов «Propulsion, Performance Podded Propulsor Tests and Extrapolation» 7.502–03–01.3.



Рис. 11. Общий вид большой модели для буксировочных и самоходных испытаний и малой модели для мореходных испытаний

Последним этапом экспериментальных исследований ходкости являлся пересчет результатов модельных испытаний на натуру.

Результаты пересчета полностью подтвердили тот факт, что судно в условиях переднего хода на чистой тихой воде удовлетворяет соответствующим требованиям, предъявляемым к ходкости в режимах буксировки плавучих объектов, патрулирования (70% скорости полного хода) и полного хода при следовании к месту спасательных операций.

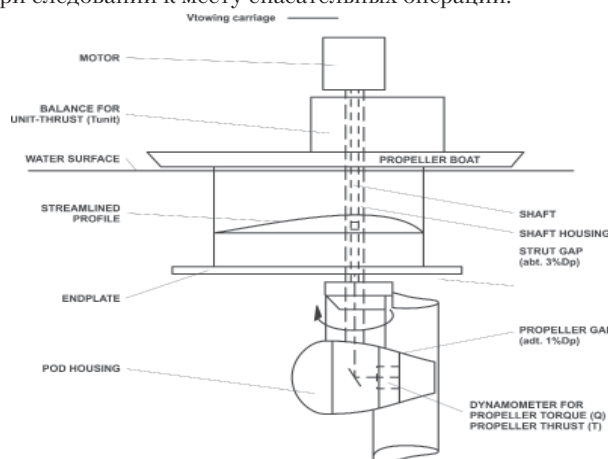


Рис. 12. Схема и устройство экспериментальной установки для определения характеристик ВРК в открытой воде

Мореходность. Рассматриваемые суда должны обладать хорошей мореходностью. Учитывая, что они будут эксплуатироваться в суровых погодных условиях, их устройство и форму корпуса следует выбирать так, чтобы можно было обеспечивать надлежащие условия для оборудования и людей, работающих на открытых палубах во время грузовых и аварийно-спасательных операций на волнении.

Численная оценка мореходности выполнялась с использованием метода плоских сечений и линейной гидродинамической теории качки [2]. Сначала определялись присоединенные массы, коэффициенты демпфирования корпуса и передаточные функции качки судна с шестью степенями свободы. Затем рассчитывались составляющие ускорений, вертикальные перемещения и скорости относительно взволнованной поверхности, а также дополнительное сопротивление на регулярном волнении. На последнем этапе расчетов мореходности определялись статистические характеристики качки и кинематики судна на нерегулярном волнении.

Результаты расчетов на регулярном волнении сопоставлялись с соответствующими данными испытаний моделей, включающими дополнительное сопротивление, вертикальную, килевую качку и вертикальные ускорения при движении на встречном волнении, а также бортовую качку и вертикальные ускорения на волнении лагом без хода. Общий вид одной из малых моделей представлен на рис. 11. Сопоставление результатов показало их удовлетворительное соответствие. Поэтому последующая оценка мореходности производилась на основе данных расчетов.

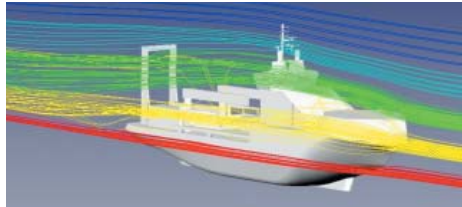
Аэродинамика в зоне взлетно-посадочной площадки. Пилот вертолета имеет весьма ограниченный обзор. Однако возможные пути полета к палубе и взлетно-посадочной площадке должны быть постоянно в поле его зрения. Это обстоятельство и диктует ограничения геометрии маневров.

Суровые погодные условия в открытом море и тяжелые ледовые условия эксплуатации в сочетании с влиянием корпуса и надстроек судна могут привести к большим аэродинамическим нагрузкам. Вертолетная площадка в подобных условиях может перемещаться во всех направлениях случайным образом и оказывается подверженной воздействию турбулентных потоков, обусловленных неблагоприятным направлением и скоростью ветра, влиянием корпуса и надстроек судна. В по-

добных условиях баланс аэродинамических и инерционных нагрузок, действующих на лопасти воздушного винта вертолета, может быть нарушен. Это явление хорошо известно и может привести к низкочастотной вибрации лопастей и их схлестыванию с хвостовой балкой. Последнее часто оказывается фатальным для экипажа вертолета и палубной команды.

Для предварительного определения характеристик воздушного потока в районе вертолетной площадки использовались CFD-методы. Соответствующие результаты представлены на рис. 13.

а)



б)

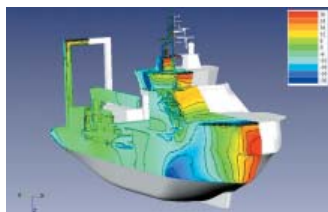


Рис. 13. Результаты численной оценки аэродинамических характеристик корпуса: а – линии тока в надводной части при движении со скоростью 15 уз (ветер отсутствует); б – распределение аэродинамических давлений в надводной части при движении со скоростью 15 уз (ветер отсутствует)

Значительно более точные результаты были получены в результате модельных испытаний в аэродинамической трубе (рис. 14).

Проведение этих испытаний в соответствии с рекомендациями ИКАО позволило получить достаточно надежные материалы в необходимом объеме для составления практического руководства по выполнению взлетно-посадочных операций, определить допустимые при этом скорости и направления ветра. Допустимые по условиям безопасности направления маневрирования вертолета могут быть выбраны в зависимости от исследованных параметров.

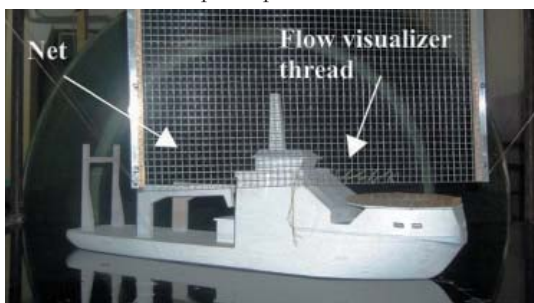


Рис. 14. Общий вид модели надводной части корпуса при испытаниях в аэродинамической трубе

Строительство и использование. За период с 2010 г. вошли в строй 22 аварийно-спасательных судна проектов «Морского Инженерного Бюро» MPSV07, SDS08, а также проектов «Бюро Агат-Дизайн» А160, А40 (заводы-строители: «Нижегородский Теплоход», Невский судостроительно-судоремонтный завод, Ярославский завод, Судоверфь братьев Нобель в Рыбинске), достраивается на плаву еще одно МАСС пр. MPSV07 и в работе находятся три МАСС пр. MPSV06 (два из них были спущены на немецкой верфи «Нордик Ярдс Висмар ГмбХ» 21 сентября 2014 г.). Предполагаются построить еще четыре МАСС пр. MPSV12 одно МАСС пр. MPSV07, а также ряд других судов. Построенные суда активно используются (рис. 15).



Рис. 15. МАСС пр. MPSV07 «Спасатель Карев» буксирует дизель-электрическую подводную лодку «Хошимин» из порта Санкт-Петербург в порт Калининград

ВЫВОДЫ

1. Успешная разработка проектов новых российских судов-спасателей показала эффективность сочетания теоретических исследований, современных методов численного моделирования и более традиционных испытаний моделей в опытовых бассейнах и в аэродинамической трубе для создания принципиально отличных от ранее используемых концептов судов специального назначения.

2. Фундаментальные проработки, выполненные на начальных стадиях проектирования, позволили существенно сократить время разработки основного проекта.

3. Обширные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили обоснованность принятия основных концептуальных проектных решений.

4. Правильное определение основной и вспомогательных миссий судна, выбор соответствующих прототипов, использование надежных статистических данных и приближенных зависимостей позволяют определить сочетание оптимальных характеристик формы корпуса и главных размерений на начальных стадиях проектирования.

5. «Морским Инженерным Бюро» были разработаны проекты МАСС, обладающих высокими ледовыми качествами и одновременно хорошей ходкостью в условиях чистой воды и мореходностью. Успешный опыт применения построенных судов-спасателей нового поколения является достойной иллюстрацией этого тезиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. AARC report A-395. Model Test in Ice with MPSV06 Salvage and Rescue Vessel. – 2008.
2. Guliev J. M., Davydov I. F. Practical Estimation of Safe Ship Speed in Waves, Proceedings Jubilee 15th Session SMSSH. – Varna, 1986. – Vol. 2. – Rep. No.7.
3. Egorov G. V., Nilva A. E., Davydov I. F. Principles of Creation of New Generation of Russian Multipurpose Rescue Vessels for Ice Conditions. – Proc. of the 11th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2010). Rio de Janeiro, Brazil, 2010, vol. 1, p. 569–578.
4. Egorov G. B., Хаустов А. В. «Линейка» многофункциональных судов-спасателей гражданского назначения // Морская Биржа, 2013. – № 2 (44). – С. 18–29.
5. Egorov G. B., Хаустов А. В., Автумов Н. В. Серия многофункциональных аварийно-спасательных судов мощностью 4 МВт ледового плавания проекта MPSV07 типа «Спасатель Карев» // Судостроение. – 2014. – № 1. – С. 18–25.
6. Лившиц С. Г. Современное состояние и перспективы развития ледокольного флота зарубежных стран. // Судостроение за рубежом. – 1986. – № 9. – С. 40–58.
7. Цой Л. Г. Формула для определения ледопроеходимости и рекомендации по выбору формы обводов корпуса ледоколов и транспортных судов ледового плавания. – Перспективные типы морских транспортных судов, их мореходные и ледовые качества. – М.: Транспорт, 1990. – С. 141–144.
8. Он же. О совершенствовании традиционной формы обводов корпуса ледоколов и ледокольно-транспортных судов. Труды международной конференции IANR 94, т. 2. – Трондхейм, Норвегия, 1994.
9. Цой Л. Г., Глебоко Ю. В. Влияние формы носовых обводов ледоколов на ходкость на тихой воде и волнении. – Архитектурно-конструктивный тип, мореходные и ледовые качества транспортных судов. Сб. науч. тр. ЦНИИМФ. – СПб.: Транспорт, 1992. – С. 116–124.

При модернизации большого морского сухогруза «Яуза» потребовалось заменить источники электроэнергии гребной электроустановки (ГЭУ), сохранить, отремонтировав, гребной электродвигатель. До модернизации ГЭУ судна была построена по классической схеме мощных электроприводов постоянного тока «генератор–двигатель», в которой двигатель постоянного тока с независимым возбуждением питается от индивидуального генератора также независимого возбуждения, приводимого во вращение первичным двигателем. Система «генератор–двигатель» обеспечивает регулирование угловой скорости электропривода изменением напряжения генератора (посредством изменения силы тока в обмотке возбуждения). Для регулирования параметров электропривода применяются системы автоматического регулирования, содержащие электромашинные преобразователи, питающие обмотки возбуждения.

Для управления гребным электродвигателем постоянного тока в ГЭУ переменного-постоянного тока применяется схема «тиристорный преобразователь–двигатель». В ней двигатель постоянного тока получает питание от тиристорного преобразователя переменного тока в постоянный. Схема позволяет регулировать угловую скорость двигателя, вращающий момент и другие параметры, применяется совместно с системой автоматического регулирования, обладает хорошими регулировочными характеристиками, высокими надежностью и КПД (обусловлен КПД тиристорного преобразователя до 99%).

Преобразование ГЭУ БМСТ «Яуза» иллюстрирует рис. 1.

Отличительной чертой управляемых выпрямителей является низкий коэффициент мощности при глубоком регулировании.

Коэффициент мощности идеального выпрямителя равен $\cos \varphi = \cos \alpha$,

где α – угол управления [1].

Временные диаграммы, построенные с учетом индуктивности рассеяния, приведены на рис. 2, б. Из диаграмм следует, что в реальном выпрямителе $\cos \varphi$ еще более ухудшается и $\varphi = \alpha + \gamma/2$. Совмещение зависимости рис. 3, а с винтовой характеристикой судна приведено на рис. 4.

Номинальный коэффициент мощности стандартных генераторов судовой электростанции 0,8–0,9. Одновинтовые суда должны оборудоваться двухъякорными ГЭД [2]. При загрузке такого ГЭД целесообразнее последовательно загружать якоря ГЭД один за другим чем параллельно оба. Параллельная загрузка якорей ГЭД приводит к необходимости переводить УВ в режим глубокого регулирования. При этом резко снижается их коэффициент мощности. Для выработки необходимого количества реактивной мощности требуется выводить на шины щита электродвижения все четыре генератора. В данном случае одновременная работа четырех генераторов

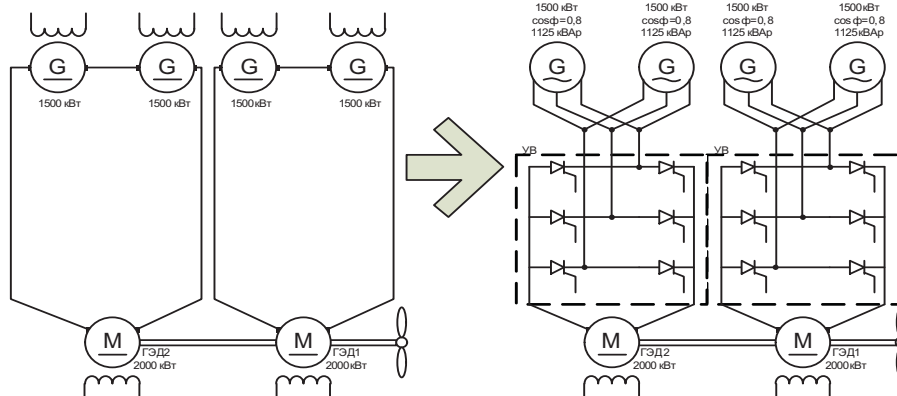


Рис. 1. Модернизация ГЭУ дизель-электрохода БМСТ «Яуза»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПЕРЕМЕННО-ПОСТОЯННОГО ТОКА

Д.В. Умяров, начальник отдела ОАО «КБ Вымпел»,
контакт. тел. +7 (831) 412 1763

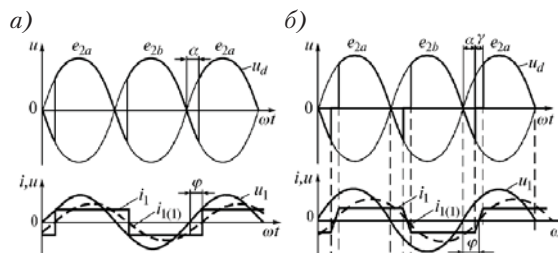


Рис. 2. Диаграммы напряжений и токов в управляемом выпрямителе с естественной коммутацией при $\alpha=30^\circ$ для случая $L_d=\infty, L_a=0$ (а) и $L_a \neq 0$ (б)

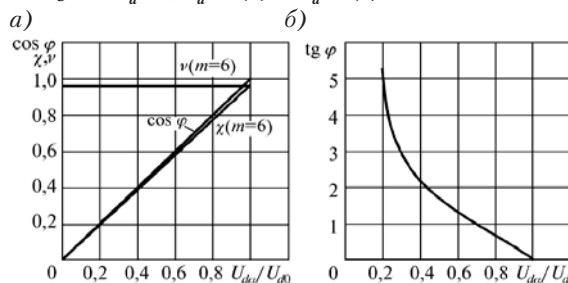


Рис. 3. Энергетические показатели управляемых выпрямителей в функции глубины регулирования (при $L_d=\infty, L_a=0$)

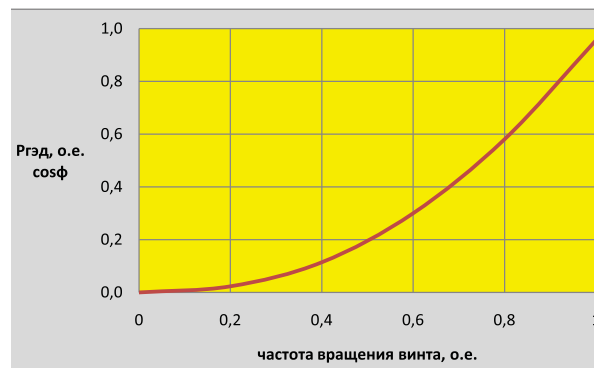


Рис. 4. Зависимость коэффициента мощности УВ от частоты вращения винта

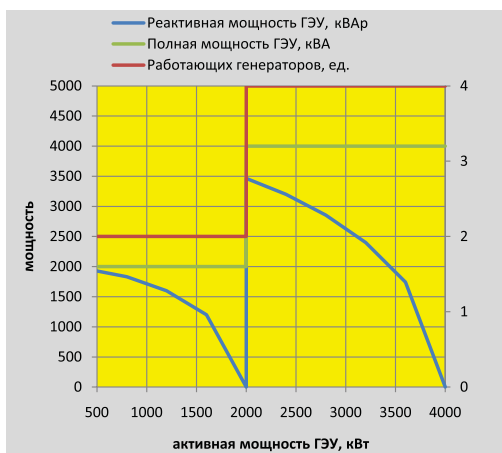


Рис. 5. Энергетические характеристики ГЭУ при последовательной загрузке якорей ГЭД

обусловлена потребностью ГЭУ не в активной, а в реактивной мощности (рис. 6).

Активная мощность ГЭУ, равная 2000 кВт, является максимально допустимой для одного якоря ГЭД. При достижении этой величины происходит включение второго якоря. Нагрузка (момент сопротивления гребного вала) распределяется между якорями равномерно. Это приводит к снижению загрузки якорей ГЭД и коэффициента мощности УВ в момент перехода мощности ГЭД в интервал более 2000 кВт.

Из рис. 5 и 6 видно, что параллельная загрузка якорей ГЭД приводит к большему потреблению ГЭУ реактивной мощности, чем последовательная.

На практике низкий коэффициент мощности УВ на малых нагрузках привел к невозможности работы ГЭД от одного генератора. Большие реактивные токи загружали генератор на 100% полной мощности в момент, когда его активная мощ-

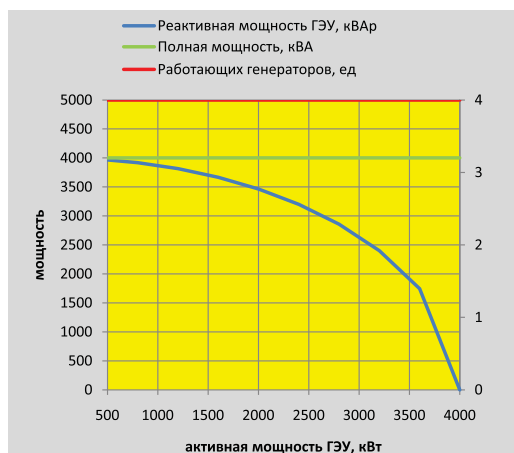


Рис. 6. Энергетические характеристики ГЭУ при параллельной загрузке якорей ГЭД

ность еще не достигала 100%. Первоначально это было расценено как недостаток. Однако испытания показали, что в режимах швартовки или маневров для быстрого набора мощности ГЭД требуется иметь включенный резерв активной мощности. Однако длительный ход с постоянной высокой скоростью требует работы ГЭД на большой мощности, при которой коэффициент мощности УВ близок к номинальному коэффициенту мощности генераторов. В этом режиме обеспечивалась оптимальная загрузка приводных двигателей генераторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельман М.В., Дудкин М.М., Преображенский К.А. Преобразовательная техника: учебное пособие. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства, ч. XI, п.17.3.3. ■

А для обеспечения работы гибридных энергетических установок (ГЭУ) морских транспортных средств (ТС) совместно с другими источниками электроэнергии на общую электрическую сеть энергетической системы автономного объекта и удовлетворения требований, предъявляемых со стороны потребителей к качеству электропитания, в ее составе предусматривается система регулирования электрических параметров. Это обусловлено существенной зависимостью напряжения на электрических выводах топливного элемента (ТЭ) от величины подключенной нагрузки (силы тока во внешней цепи), что находит свое выражение в падающем характере вольтамперной характеристики (как отдельного ТЭ, так и электрогенерирующей системы в целом) [1–3].

Цель функционирования системы – поддержание параметров ГЭУ ТС в заданных пределах, обеспечивающих ее надежную и эффективную работу на всех возможных режимах эксплуатации. Система регулирования параметров сред и автоматического управления гибридной энергетической установкой предназначена для запуска энергоустановки в действие, управления в режимах эксплуатации, а также вывода из действия в стандартных и аварийных режимах.

Функциональная схема системы контроля и регулирования сред, а также автоматического управления представлена на рис. 1.

В качестве контролируемых параметров для ГЭУ на базе водород-кислородных электро-химических генераторов используются:

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. Н. Калмыков, канд. техн. наук, проф.,
С. Я. Галушин, канд. техн. наук, доцент,
Б. Ф. Дмитриев, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
 контакт. тел. 8 (911) 721 2936

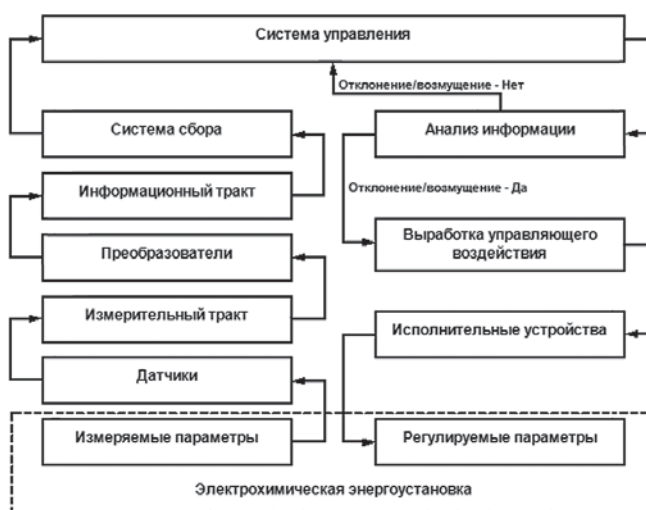


Рис. 1. Функциональная схема контроля, регулирования сред и автоматического управления

- параметры рабочих газов,
- параметры среды системы термостатирования,
- значения напряжения и тока топливных элементов.

В качестве датчиков системы контроля и регулирования сред, а также автоматического управления предлагается использовать серийно выпускаемые датчики давления, расхода, температуры и тока.

Измерительный тракт представляет собой кабельную трассу от датчика до преобразовательного модуля. Для сопряжения датчика и модуля-преобразователя необходимо использовать кабели с соответствующими параметрами. Так, для сопряжения датчиков с нормированным токовым выходом следует использовать медные кабели с волновым сопротивлением 120 Ом. Кроме того, прокладка кабельной трассы должна производиться таким образом, чтобы избежать наведения электромагнитных помех от различного электрического оборудования.

Для преобразования аналоговых сигналов от датчиков в цифровую форму, необходимую для последующей обработки данных, требуются специализированные аналого-цифровые преобразователи, которые учитывают тип сигнала, его уровень и, желательно, встроенную характеристику преобразования электрического сигнала в значение физического параметра. Будем считать целесообразным, чтобы все аналого-цифровые преобразователи имели общий приборный интерфейс, позволяющий наращивать количество измеряемых параметров.

Информационный тракт представляет собой кабельную трассу, соединяющую аналого-цифровые преобразователи друг с другом, если они представляют собой распределенную информационную систему и систему сбора. Топология информационного тракта также должна обеспечивать защиту передаваемой информации от искажения или потери.

Система сбора может представлять собой компьютер с управляющей программой или специализированный программируемый микроконтроллер и является частью системы управления. Она предназначена для регистрации и хранения поступающей цифровой информации от преобразовательных модулей или нескольких распределенных информационных систем.

На современном этапе для стабилизации или регулирования параметров электроэнергии широко используются импульсные преобразователи. В связи с этим требуется решение задачи определения технических характеристик комплекса «электрогенерирующая система – импульсный преобразователь». Наибольший интерес представляет определение КПД этого комплекса в зависимости от выходных характеристик электрогенерирующей системы [4–6].

Преобразователь предназначен для стабилизации мощности электрохимических генераторов (ЭХГ), заряда или работ в буфер с аккумуляторной батареей (АБ) при одновременном питании потребителей судовой электроэнергетической системы (СЭЭС) [6,8, 9–10].

Энергетическая система автономного объекта – это система конечной мощности, сопоставимой с мощностью потребителей. Поэтому потребители в силу своего многообразия и характера работы могут оказывать определяющее влияние на отдельные показатели электроэнергии в автономной ЭЭС на базе ЭХГ [7–8.]. Различают три основных режима работы автономной СЭЭС:

- нормальный установившийся режим, он характеризуется неизменностью его параметров;
- переходный режим, характеризующийся изменением параметров системы, во время которого система переходит от одного установившегося режима к другому установившемуся;
- послеаварийный режим, он наступает после аварийного отключения отдельного элемента или ряда элементов системы. В этом режиме параметры системы отличаются от параметров нормального значения.

Кроме того, в переходных режимах СЭЭС допускается увеличение коэффициента пульсации напряжения до 15%. Потребители постоянного тока меняющегося напряжения должны быть рассчитаны для продолжительной работы при длительном отклонении напряжения и кратковременной работы продолжительностью до 30 минут при изменении напряжения от 105 до 140 В. Переходные процессы в автономных СЭЭС возникают при изменении нагрузки, например, при включении или отключении мощных потребителей, т. е. при любом изменении состава источников энергии или нагрузки. Кроме того, в случае короткого замыкания в системе помимо провала напряжения возникают импульсные перенапряжения.

В последнее время на автономных объектах все чаще устанавливаются различные устройства, в состав которых входят высокочастотные преобразователи электрической энергии [4–6, 7–10].

Работа таких преобразователей сопровождается излучением электромагнитных помех по цепям питания и в окружающую среду, что приводит к ухудшению рабочих характеристик отдельных механизмов и устройств.

Особую группу судовых приемников составляют устройства и системы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), обеспечивающие гидроакустику, навигацию и радиосвязь автономного объекта [1,2,5, 7–10]. Эти системы наиболее чувствительны к качеству потребляемой энергии, поэтому высокий уровень высокочастотных гармоник в питающем напряжении может привести к сбоям в работе различного рода РЭА.

Таким образом, автономная система электропитания на базе ЭХГ должна:

- обеспечивать питание потребителей напряжением, изменяющимся в диапазоне (105...145 В);
- обеспечивать фильтрацию импульсно-коммутационных перенапряжений (ИКП), возникающих в автономной системе электропитания (АСЭ);
- обладать электромагнитной совместимостью с техническими средствами автономного объекта.

Большинство приемников электрической энергии очень критично относятся к изменению качества питающего напряжения в аварийных режимах работы энергосистем. Отклонение напряжения, усугубленные резкопеременным характером, еще более снижают эффективность и срок службы оборудования, способствует отключению автоматических систем управления и повреждению оборудования.

Принимая во внимание различие рода тока в АСЭ и частот конечных потребителей, а также сравнивая показатели качества АСЭ и требования потребителей по электропитанию, можно сделать вывод о необходимости организации локальных сетей переменного тока на автономном объекте, обеспечивающих снабжение потребителей электроэнергией с заданным видом и качеством напряжения [2, 9–10].

Основные параметры ЭХГ по сопряжению с преобразователем:

- максимальная мощность каждого ЭХГ, кВт;
- максимальное напряжение ЭХГ, В;
- минимальное напряжение ЭХГ, В.

Основные выходные параметры преобразователя:

- максимальное выходное напряжение, 140 В;
- минимальное выходное напряжение, 105 В;
- мощность согласующего преобразователя, 3,6 кВт;
- коэффициент пульсаций выходного напряжения, 1,0%.
- коэффициент полезного действия блока силового должен быть не менее 97%.

Преобразователь должен иметь защиту:

- от токов внутреннего короткого замыкания преобразователя;
- от токов внешнего короткого замыкания на выходе преобразователя с уставкой срабатывания.

При проектировании гибридных энергетических установок следует учесть особенности работы ЭХГ. Максимальный КПД ЭХГ при преобразовании химической энергии в электрическую можно получить при стабильной электрической мощности на выходе ЭХГ. Кроме того, ЭХГ обладает определенной инерционностью. В то же время нагрузка СЭЭУ транспортных средств изменяется в широких пределах, иногда скачкообразно в зависимости от режима работы ТС. Поэтому применять ЭХГ в качестве единственного источника электроэнергии в подводном положении объектов нецелесообразно. Естественно построение СЭЭУ с использованием ЭХГ и АБ, как это и было сделано на уже построенных морских ТС с ЭХГ. В такой комбинации ЭХГ должен вырабатывать электрическую мощность, соответствующую примерно среднему уровню мощности потребителей, а АБ должна покрывать пиковые нагрузки и заряжаться от ЭХГ во время минимальных нагрузок [1–3].

Мощность ЭХГ и АБ, составляющих СЭЭУ, можно определить по следующему алгоритму:

1. Перед погружением суммарный запас энергии ЭХГ и АБ должен быть равен суммарной энергии, потребляемой оборудованием ТС:

$$W_{\text{эхг}} + W_{\text{аб}} = k_3 \cdot \sum_{i=1}^N P_i \cdot t_i, \quad (1)$$

где $W_{\text{эхг}}$ – запас энергии ЭХГ перед погружением; $W_{\text{аб}}$ – запас энергии АБ перед погружением; k_3 – коэффициент запаса; P_i – мощность, потребляемая оборудованием в режиме i ; t_i – продолжительность режима i .

Введение коэффициента запаса k_3 на стадии проектирования ЭЭУ необходимо, чтобы учесть неточность определения нагрузки.

2. Мощность ЭХГ должна быть примерно равна средней мощности, потребляемой оборудованием:

$$P_{\text{эхг}} = \frac{k_3 \cdot \sum_{i=1}^N P_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} = P_{\text{ср}}. \quad (2)$$

3. Чтобы запасенной АБ энергии $W_{\text{аб}}$ хватало для покрытия пиковых нагрузок, превышающих $P_{\text{эхг}}$, $W_{\text{аб}}$ должна быть не менее суммарного превышения потребляемой энергии над энергией, вырабатываемой ЭХГ на интервалах времени, на которых $P_i > P_{\text{эхг}}$ в течение всего интервала:

$$W_{\text{аб}}(i=l-1) \geq \sum_{i=l}^m (P_i - P_{\text{эхг}}) \cdot t_i, \quad (3)$$

где $W_{\text{аб}}(i=l-1)$ – запас энергии АБ в конце интервала $i=l-1$; от $i=l$ до $i=m$ интервалы времени, на которых в течение всех этих интервалов $P_i > P_{\text{эхг}}$.

4. На тех интервалах времени, на которых $P_{\text{эхг}} > P_i$ производится зарядка АБ, в результате которой АБ должна обеспечить запас энергии $W_{\text{аб}}(i=l-1)$:

$$\sum_{i=n}^{l-1} (P_{\text{эхг}} - P_i) \cdot t_i \geq W_{\text{аб}}(i=l-1). \quad (4)$$

где от $i=n$ до $i=l-1$ интервалы времени, на которых в течение всех этих интервалов $P_{\text{эхг}} > P_i$; η_3 – КПД зарядного устройства.

Если в результате расчетов после выбора $P_{\text{эхг}}$ условие (4) выполнить невозможно, то следует увеличить $P_{\text{эхг}}$ и повторить проверку выполнения этого условия. Если при выполнении условий (1)–(3) условие (4) выполняется с большим запасом, то можно уменьшить $P_{\text{эхг}}$.

На основании выбора состава электротехнического оборудования и режимов работы ПА (рис. 2) приведена структурная схема электроэнергетической установки системы электродвижения морского технического средства.

Назначение и выполняемые функции ТС определяют состав бортового оборудования, а значит, и мощность потребителей электроэнергии и АБ [4].

Для питания потребителей ТС целесообразно использовать три источника питания:

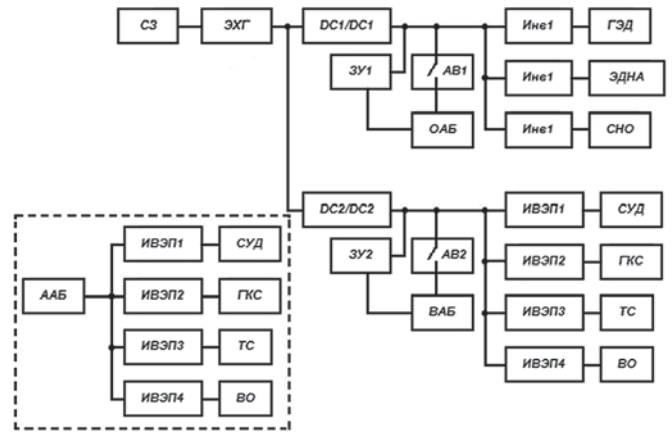


Рис. 2. Структурная схема электроэнергетической системы электродвижения морского транспортного средства DC/DC – конвертор напряжения (стабилизирующий преобразователь); Ине – инвертор напряжения (преобразователь постоянного напряжения в переменное); ИВЭП – источник вторичного электропитания; СЗ – система запуска ЭХГ; ЗУ – зарядное устройство АБ; АВ – автомат включения (выключения) АБ.

– основную АБ (ОАБ) напряжением 120 В (100...130 В), предназначенную для питания силовых потребителей, к числу которых относятся гребная движительная установка (ГДУ), электродвигатели насосных агрегатов гидравлики (ЭДНА) и светильники наружного освещения (СНО).

– вспомогательную АБ (ВАБ) напряжением 24 В (24...28 В), предназначенную для питания аппаратуры навигационного комплекса (НК) и гидроакустического комплекса связи (ГКС), гидролокатора (ГЛ), системы управления движением и техническими средствами (СУД и ТС), системы управления манипулятором (СУМ), системы регенерации воздуха (СРВ), телевизионного комплекса (ТК), внутреннего освещения (ВО) и сигнально-отличительного огня (СОО), системы управления гребными электродвигателями (СУГД) и системы управления электродвигателями насосных агрегатов гидравлики (СУНЭДН).

– аварийную АБ (ААБ) напряжением 24 В (24...28 В), предназначенную для питания потребителей, обеспечивающих аварийный режим морского технического средства: аппаратура СУД и ТС, ГКС, ВО и СОО, СРВ.

Для каждого из источников электроэнергии необходима своя распределительная сеть с защитной и коммутационной аппаратурой.

СИСТЕМА ЭНЕРГОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ БАТАРЕИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЛИТИЙ-ИОННОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Параллельная работа батареи топливных элементов и литий-ионной аккумуляторной батареи может иметь несколько схем реализации. Конкретная схема реализации зависит от конструктивных и энергетических параметров всей энергоустановки, а также от параметров и режимов работы нагрузки. Рассмотрим общие вопросы параллельного включения батареи топливных элементов и литий-ионной аккумуляторной батареи, а также их варианты.

Общая структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ и батареи топливных элементов показана на рис. 3.

Батарея топливных элементов (БТЭ) 1 вырабатывает необходимую мощность и через DC/DC преобразователь 3 отдает её в нагрузку 5 через диод. Преобразователь DC/DC необходим для оптимизации отбора мощности от топливных элементов. Он управляется системой управления (СУ) 2, которая оптимизирует режим работы DC/DC преобразователя, оптимизируя отбор максимальной мощности. СУ 2 анализирует напряжение и ток отдачи БТЭ 1, задавая режим работы DC/DC преобразователя 3 по каналу управления. Преобра-

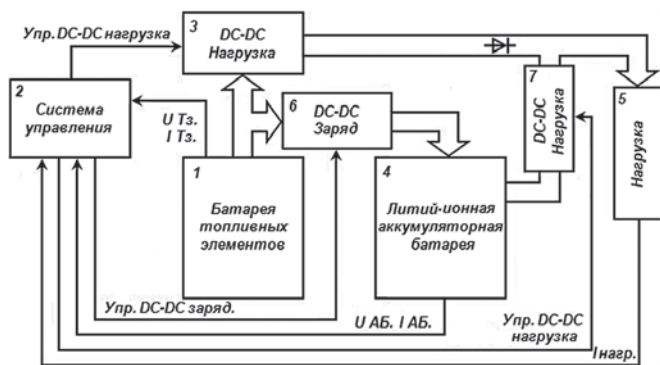


Рис. 3. Общая структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ и БТЭ

Тонкие стрелки – измерительные связи, линии передачи данных и управления, толстые – силовые линии передачи мощности

зователь 3 выдает на выходе необходимое напряжение, если отбираемая мощность не превышает установленного предела. При превышении этого предела DC/DC преобразователь переходит в режим стабилизации тока, при плавающем напряжении, т. е. в режим отдачи постоянной мощности [1].

При проседании напряжения на выходе DC/DC преобразователя СУ 2 включает DC/DC преобразователь 7, подключённый к выходу АБ 4, восполняя недостающую мощность за счёт запасённой энергии в АБ 4. В этот момент АБ 4 разряжается.

Если потребляемая мощность в нагрузке 5 меньше отдаваемой БТЭ 4, СУ 2 включает DC/DC преобразователь 6 заряда АБ 4, в этот момент АБ заряжается.

К недостаткам данной схемы можно отнести: большое количество DC/DC преобразователей, что ухудшает массогабаритные показатели всего комплекса, относительно сложный алгоритм системы управления, анализ большого числа данных и большое число каналов управления, стоимость системы управления; к достоинствам – стыковка различных источников энергии по напряжению, оптимальная работа всего комплекса, так как СУ оптимизирует отбор мощности и запас энергии каждого источника и нагрузки.

Общая схема параллельной работы БТЭ и АБ, изображенная на рис. 3 используется в тех случаях, когда необходимо согласовать напряжения БТЭ, АБ и нагрузки. Например, диапазон напряжений работы БТЭ: 24...28 В, АБ: 32...48 В, а нагрузка работает в диапазоне 48...120 В. При данной схеме все эти источники легко стыкуются в единую энергетическую систему.

Однако для оптимизации массогабаритных характеристик всего комплекса можно воспользоваться одним из вариантов схем соединения БТЭ и АБ – (рис. 4, вариант 1). Ниже будут рассмотрены несколько вариантов включения АБ и БТЭ по параллельной схеме.

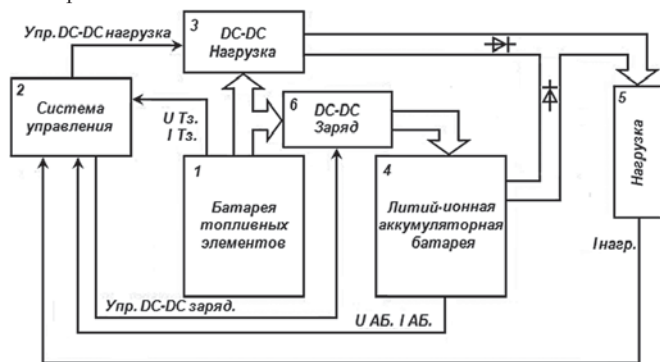


Рис. 4. Структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ и БТЭ (вариант 1)

Как видно из рис. 4, в этом варианте отсутствует DC/DC преобразователь 7, АБ 4 подсоединена к нагрузке 5 через

диод. Среднеразрядное напряжение на АБ 4 выбирается таким образом, чтобы оно соответствовало среднеразрядному напряжению работы нагрузки. При отборе мощности нагрузкой 5 больше, чем может выдать БТЭ 1 (посредством DC/DC преобразователя 3, через разделительный диод подключается АБ 4. Мощность в нагрузке будет определяться суммой мощностей отдаваемых БТЭ (посредством DC/DC преобразователя 3) и АБ. При такой схеме включения можно снимать значительные пиковые мощности, за счет АБ.

Заряд АБ будет осуществляться также как и предыдущей схеме (см. рис. 3). Если потребляемая мощность в нагрузке 5 меньше отдаваемой БТЭ 4, то СУ 2 включает DC/DC преобразователь 6 заряда АБ 4. В этот момент АБ заряжается. Зарядная мощность соответствует разности мощности потребления и мощности выдаваемой БТЭ.

В варианте 2, представленном на рис. 5, оптимальное напряжение работы БТЭ и АБ совпадают.

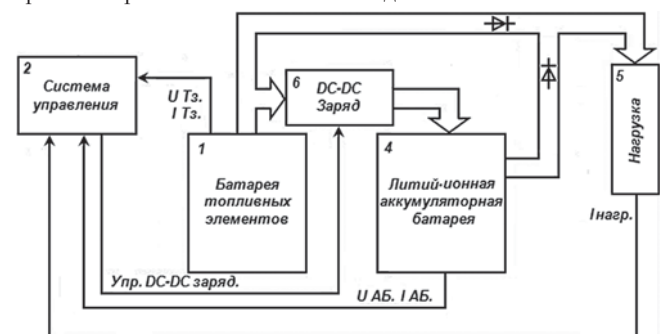


Рис. 5. Структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ и БТЭ (вариант 2)

БТЭ 1 и АБ 4 работают на общую нагрузку и гальванически развязаны диодами. Работа всей системы будет происходить по примерно такому же алгоритму, как и в варианте 1 (см. рис. 4). При отборе мощности нагрузкой 5 больше, чем может выдать БТЭ 1 (в варианте 2 непосредственно в нагрузку), через разделительный диод подключается АБ 4. Мощность в нагрузке будет определяться суммой мощностей отдаваемых БТЭ (непосредственно в нагрузку) и АБ. Заряд АБ будет осуществляться также как и в предыдущей схеме. Если потребляемая мощность в нагрузке 5 меньше отдаваемой БТЭ 4, то СУ 2 включает DC/DC преобразователь 6 заряда АБ 4 и АБ заряжается.

На рис. 6 представлен вариант 3 схемы подключения, при котором АБ работает в буферном режиме. В этом случае, в отличие от всех выше рассмотренных схем включения, аккумуляторная батарея работает как двухполюсник (в отличие от предыдущих четырехполюсников), т. е. заряд и разряд осуществляется через два входных провода – плюс и минус АБ. При таком варианте структурная схема системы контроля и управления (входящая в состав АБ и не показанная на рисунках) имеет немного другой вид и алгоритм работы [1].

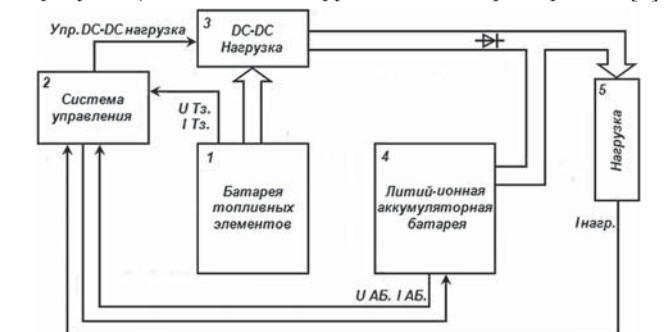


Рис. 6. Структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ по схеме двухполюсника и БТЭ (вариант 3)

АБ в данном варианте не имеет ограничения по зарядному току. Поэтому она может заряжаться только либо пол-

ным током, который может выдать БТЭ 1, либо тогда, когда её напряжение высоко настолько, что отбираемый зарядный ток и ток нагрузки несколько меньше максимального тока, выдаваемого БТЭ.

Как и в предыдущих вариантах, DC/DC преобразователь 3 выдает на выходе необходимое напряжение, если отбираемая мощность не превышает установленного предела. При превышении этого предела DC/DC преобразователь 3 переходит в режим стабилизации тока, при плавающем напряжении, то есть в режим отдачи постоянной мощности. При этом напряжение на его выходе понижается до напряжения на АБ и если нагрузка потребляет не весь ток DC/DC преобразователя 3, то часть этого тока заряжает АБ. При превышении тока, потребляемого нагрузкой, дополнительная мощность берется от АБ.

СУ 2 может определять момент включения АБ на заряд, или сам заряд может происходить естественным образом при понижении отбираемого тока нагрузкой.

В варианте 4 возможно соединение АБ и БТЭ непосредственно, без применения промежуточных DC/DC преобразователей. АБ будет работать в буферном режиме. В этом случае необходимо точно согласовать напряжения БТЭ и АБ по их вольтамперным характеристикам, а также режимы их работы, что может быть сложной задачей для конкретной реализации. Схема будет такой же, что и показана на рис. 6, но в ней будут отсутствовать DC/DC преобразователь 3, а также СУ 2, которую целесообразно совместить с системой контроля и управления АБ.

Состав и мощность потребителей для каждого из источников электроэнергии приведен в таблице.

Таблица

Состав и мощность потребителей электроэнергии

Наименование потребителя	Кол-во, шт.	Суммарная потребляемая мощность, кВт
Потребители основной сети		
Гребная движительная установка	1	10,5
Светильники наружного освещения	6	3,78
Электродвигатели носовых агрегатов гидравлики	2	7
Потребители вспомогательной сети		
Навигационный комплекс	1	0,75
Гидроакустический комплекс	1	0,5
Гидролокатор	1	0,360
Телевизионный комплекс	1	0,35
Система управления гребной движительной установкой и техническими средствами	1	0,3
Система управления манипулятором	1	0,2
Система управления электродвигателями насосных агрегатов гидравлики	2	0,12
Внутреннее освещение	1	0,05
Системы регенерации воздуха	1	0,025
Потребители аварийной сети		
Система управления гребной движительной установкой и техническими средствами, кратко- временно	1	0,3
Гидроакустический комплекс связи, прием/передача	1	0,01/0,5
Внутреннее освещение	1	0,05
Система регенерации воздуха	1	0,025

Для расчета мощности и энергоемкости источников электроэнергии на автономных объектах используются несколько методов: табличный, аналитический, математический на базе теории вероятности и моделирования [2].

Табличный метод применяется, если известен состав и энергетические характеристики потребителей. В соответствии с табличным методом для каждого режима работы объекта определяется состав работающих потребителей, коэффициент загрузки потребителей, КПД и число одновременно

включенных однотипных потребителей. Эта информация представляется в форме таблиц, и путем суммирования мощности различных видов потребителей определяется мощность энергетической установки для каждого режима работы.

Аналитический метод основан на статически установленной зависимости мощности ЭУ от основных параметров корабля и мощности движительной установки. Этот метод используется на ранних этапах проектирования транспортного средства.

Математический метод рассматривает процессы коммутации нагрузок как случайные и позволяет определить математическое ожидание средней мощности и дисперсию, характеризующую разброс потребляемой мощности относительно средней величины. Этот метод удобен при большом числе потребителей на объекте.

При небольшом числе потребителей можно использовать математическую модель ЭЭУ и определить необходимую мощность источников при моделировании ее работы в различных режимах.

Для предварительного расчета мощности ЭУ транспортного средства можно использовать табличный метод, но более точные результаты расчета мощности можно получить методом моделирования, поскольку число потребителей транспортного средства невелико.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены особенности проектирования гибридных энергоустановок транспортных средств.

Приведена функциональная схема автоматического управления гибридной энергоустановкой для различных режимов работы с применением серийно выпускаемых датчиков давления, температуры, тока.

Показана перспективность применения ЭХГ для гибридных энергоустановок транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боженков Ю. А., Борисенко К. П., Гизитдинова М. А., Кузьмицкий М. А.* Самоходные автономные подводные аппараты. Учеб. пособие. – СПб: Изд. Центр, СПбГМТУ, 2005. – 243 с.
2. *Ястребов В. С., Горлов А. А., Симицкий В. В.* Электроэнергетические установки подводных аппаратов. –Л.: Судостроение, 1986. – 208 с.
3. *Reece D., Blackmore P., Lain M., Mitchell S., Jamieson J.* Modeling hybrid energy systems for use in AUVS G. Griffiths. –14th Unmanned Untethered Submersible Technology, Durham, New Hampshire, 2005 E: gxc@noc.soton.ac.uk.
4. *Некрасов М.* Модули преобразователей DC/DC и AC/DC компании GAIA Converter для высоконадежных и промышленных применений // Силовая электроника. – 2011. – № 2. – с. 44–47.
5. *Балабанов Б. А., Вайнерман П. Б., Паутов Л. Г.* Автоматизированная система управления автономной электроэнергетической системой // Электрофорум. – 2011. – № 1. – с. 30–33.
6. *Fontes, Turpin C., Astier.* Integrations Between Fuel Cell and Power Convertors: Influence of Current harmonics on a Fuel Cell Stack. // IEE. Trans. Power Electron. March, 2007. – Vol. 22. – № 2. – р. 670–678.
7. *Дмитриев Б. Ф., Калмыков А. Н., Бусько А. В.* Многоуровневые широтно-импульсные преобразователи напряжения для систем электропривода. – 5-я Международ. конф. АЭП-2007, СПб., Тезисы докладов, 2007, с. 247–248.
8. *Калмыков А. Н., Сковпень С. М., Дмитриев Б. Ф.* Математическое обоснование принципа управления преобразователями напряжения АСЭ на основе метода линейной разностной коррекции // Морской вестник. –2007. – № 4 (24). – С. 44–47.
9. *Дмитриков В. Ф., Лившиц А. И., Шушпанов Д. В., Дмитриев Б. Ф.* Современное состояние систем электропитания на основе мембранных технологий водородной энергетики // Электросвязь. – 2010. – № 9. – С. 20–25.
10. *Дмитриков В. Ф., Лившиц А. И., Дмитриев Б. Ф.* Разработка систем электропитания на основе водородных топливных элементов // Практическая силовая электроника. – 2011. – № 42. – С. 16–22. ■

Технические и эксплуатационные характеристики такой высокотехнологичной продукции, как морская техника, включающая суда, плавучие и стационарные платформы, полностью обеспечиваются установленным на ней оборудованием, механизмами и устройствами, качество которых и определяет технический уровень, конкурентоспособность и стоимость данной техники в целом. Широта номенклатуры и сложность судового комплектующего оборудования, освоенного производством, определяют уровень промышленного развития и экономической независимости страны – изготовителя морской техники.

Особенность продукции судового машиностроения – в том, что она, не являясь продуктом конечного использования и обладая специфическими функциональными и конструктивными характеристиками, используется исключительно в составе конечной продукции отрасли – морской техники, в значительной мере (в среднем свыше 50%) определяя ее стоимость.

Номенклатура, сложность, серийность, технология изготовления и сроки постройки морской техники определяют номенклатуру, сложность, серийность, технологию и сроки изготовления и поставки для нее изделий судового машиностроения [1].

Любое судно или добывающая платформа является сложным комплексом, в строительстве которого участвуют сотни предприятий-изготовителей и поставщиков судового комплектующего оборудования различных отраслей промышленности.

Ввиду невозможности удовлетворить потребность в судовом оборудовании силами отечественной судовой машиностроительной отрасли в последние годы российский рынок стал заполняться судовым комплектующим оборудованием иностранного производства.

Обеспечение конкурентоспособности отечественных изделий судового машиностроения – сложная экономическая задача. Прогноз спроса продукции судового машиностроения на 2014–2016 гг. можно выполнить на основании «Программы строительства гражданской морской техники». В качестве основного ориентира было принято прогнозируемое количество подлежащей строительству гражданской морской техники (табл. 1).

В настоящий момент значительная часть отечественной продукции изготавливается по документации, разработанной в конце 80-х гг., что в значительной степени определяет уровень конкурентоспособности разработок. При реализации федеральной целевой программы на предприятиях отрасли будут разработаны РКД и освоено производство образцов продукции судового машино-

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГРУЗООБРАБОТКИ В ОТКРЫТОМ МОРЕ ПУТЕМ ОСНАЩЕНИЯ СУДОВ КРАНАМИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*А. А. Георгиев, канд. техн. наук, зам. нач. отдела,
И. Н. Васильев, соискатель, нач. сектора,
ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. +7(921) 447 8497, +7(952) 222 5379*

Таблица 1

Подлежащая строительству гражданская морская техника

Тип	Количество, ед.		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Паромы	2	2	1
Универсальные суда	4	3	3
Лесовозы	6	6	6
Навалочные суда	4	4	4
Танкеры	16	13	14
Химовозы и газовозы	6	8	6
Ледоколы	2	3	1
Суда смешанного и внутреннего плавания	19	20	20
Промысловые суда	55	57	73
Большие	4	5	10
Средние	8	9	15
Малые и маломерные суда	27	27	32
Специализированные суда	16	16	16
Суда и плавсредства для освоения шельфа	22	24	14
Стационарные платформы	2	3	3
Обеспечивающие суда	17	14	8
Плавучие платформы	2	1	1
Технологические платформы	1	6	2
Суда снабжения	13	10	4
Буксиры	4	4	4
НИСы	1	3	1
Пассажирские суда	11	11	10
Прочие суда	172	169	167
Всего судов	322	325	322

строения нового поколения, в том числе палубные грузовые устройства [2].

На судах применяют два основных типа грузовых устройств: со стрелами и с кранами, которые дают возможность перемещать груз в вертикальном и горизонтальном направлениях. Грузовое устройство со стрелами состоит из грузовых стрел, лебедок и соответствующего такелажу. Грузовое устройство с кранами состоит из палубных кранов, которые в зависимости от назначения судна устанавливают неподвижно или с возможностью перемещения по подкрановым путям.

В статье речь пойдет о таком виде судового комплектующего оборудования, как судовый кран, предназначенный для выполнения грузовых операций в море с грузами общего назначения, и с разрядными грузами, а также о путях увели-

чения производительности проведения погрузочно-разгрузочных работ в условиях качки и путях снижения массогабаритных параметров судового крана.

Грузоподъемный кран – машина циклического действия, предназначенная для подъема и перемещения в пространстве груза, подвешенного с помощью гака или удерживаемого другим грузозахватным органом.

В соответствии с габаритами и конфигурацией зоны размещения, массой и габаритными размерами транспортируемых материалов и изделий определяют основные параметры подъемной машины. Основными параметрами являются: грузоподъемность, скорости основных механизмов, мощности приводных двигателей, масса, производительность, размеры, определяемые в соответствии с конкретными требованиями к объекту, на котором устанавливается данное подъемно-транспортное устройство [3].

Выбор средств грузоподъемки делают на основании следующих основных исходных данных:

- габаритных размеров и конфигурации зоны размещения;
- массы и габаритных размеров транспортируемых материалов и изделий;
- условий эксплуатации (параметров внешних воздействий на месте установки, размера площадки для приемки грузов, вида энергии и т.п.).

При этом наиболее экономичный судовый кран для осуществления транспортировки обрабатываемых грузов выбирают путем определения производительности рассматриваемых средств механизации.

Анализируя рынок грузоподъемного оборудования как отечественный, так и импортный, становится очевидно, что при большом многообразии фирм и предлагаемой ими техники, судовые электрогидравлические краны в мире проектируют и изготавливают считанные единицы, в России – только ЗАО «ЦНИИ СМ» и ОАО «Пролетарский завод». Освоение большегрузных морских кранов также приобретает особое значение в связи с созданием буровых платформ для освоения морского шельфа.

Сложность создания грузовых устройств связана с тем, что на этапе проектирования возникает ряд противоречий, затрудняющих выбор лучшего варианта с точки зрения повышения надежности и производительности подобного вида изделий.

Рабочий режим грузоподъемного крана обеспечивается сочетанием движений механизмов подъема груза, поступательного или вращательного движения крана. В свою очередь, каждая законченная операция одного механизма состоит из трех периодов: пуска в ход (разгона), установившегося движения и периода замедления или остановки в результате торможения.

Все периоды и операции строго логичны по пути перемещения (груза, механизма) и по нагрузкам. Из этого вытекает необходимость не допускать нагрузок, опасных для прочности узлов. Традиционно такая гарантия основана на применении автоматических приборов безопасности. Однако пути снижения степени воздействия этих нагрузок на конструкции крана в настоящий момент недостаточно исследованы, и специалисты ЗАО «ЦНИИ СМ» активно ведут работы в этом направлении.

В процессе подъема (или опускания) груза возникающие ускорения вызывают дополнительные динамические нагрузки. Величина их в зависимости от значения ускорений различна и достигает в среднем до 10% массы груза. При колебаниях груза и стрелы крана возникают кратковременные моменты дополнительной нагрузки на канат и кран.

Динамические нагрузки вызываются внезапным приложением силы или изменением скорости движения и часто сопровождаются колебаниями упругих деталей, приводящих к увеличению действующих на них нагрузок.

По характеру действия и способу приложения динамические нагрузки подразделяются на повторно-переменные, внезапно приложенные и ударные.

Повторно-переменные нагрузки возникают в периоды пуска и торможения, являются периодическими и нормальными рабочими нагрузками. Этот вид нагрузок зависит от выбора времени переходного периода (торможения или пуска). Эти нагрузки и определяемые ими выбеги должны учитываться при расчете приборов безопасности, равно как и при других расчетах крановых механизмов.

Для большинства кранов, как это установлено экспериментальными исследованиями [4], период вертикального затухающего колебания груза в среднем равен 0,4–1,0 с.

В течение одного полупериода (0,2–0,5 с) у стреловых кранов могут возникать дополнительные усилия, величина которых вместе с весом груза

создает дополнительный опрокидывающий момент.

Внезапно приложенные нагрузки передаются на кран сразу. Они возникают, например, во время подъема с подхватом, резкого, внезапного затормаживания, при одергивании груза со штабеля быстрым горизонтальным движением, при обрыве или выдергивании защемленных стропов и т. д.

Ударные нагрузки появляются в момент очень быстрого (мгновенного) изменения скорости, например при падении груза, прикрепленного к заметно ослабленному канату, и т. д.

Внезапно приложенные и ударные нагрузки являются аварийными, совершенно недопустимыми, так как во многих случаях они не могут быть предотвращены действием приборов безопасности. Такие опасные нагрузки следует предупреждать главным образом строго выполняя правила эксплуатации и техники безопасности.

Таким образом, наибольший интерес для исследований представляют пути снижения возникающих при работе крана повторно-переменных динамических нагрузок.

Для исследования и расчета механизмов судового крана необходимо иметь его математическую модель, достоверно описывающую его свойства и своей сложностью не препятствующую получению необходимых результатов.

Специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ» проведен анализ особенностей работы судового крана в открытом море. Полученные результаты позволили уточнить и дополнить математическое описание работы судового крана в условиях качки и провести анализ динамических явлений, возникающих при его работе.

Математическая модель судового крана представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка, нелинейных, неоднородных, с переменными коэффициентами. Доказано, что ряд явлений, возникающих в процессе взятия грузов с волны, а также при погрузке на другое судно, может быть объяснен лишь при учете динамических свойств системы, обусловленных качкой [5]. Поскольку перемещения носят колебательный характер, исследование динамических процессов сводится к задаче о вынужденных колебаниях нелинейной механической системы с несколькими степенями свободы.

Обычно динамические явления в расчетах судовых грузовых устройств учитываются динамическим коэффициентом в статическом нагружении.

В работах, посвященных расчетам механизмов кранов, в основном, как правило излагаются статические задачи. Основными факторами, обуславливающими значительные явления динамики при работе крана на волнении

и действующими совместно в едином комплексе, являются [6]:

- начальный момент подъема и скорость подъема груза (т. е. относительная скорость между массами привода и груза в начальный момент подъема);
- схема и кратность запасовки грузового каната;
- наличие специальных устройств, позволяющих свести к минимуму динамические воздействия на конструкцию в процессе работы.

При расположении крана и груза на значительном расстоянии от ЦТ судна в нос либо в корму килевая качка также весьма заметно влияет на максимальную нагрузку.

В соответствии с требованиями Правил по грузоподъемным устройствам морских судов Российского морского регистра судоходства, в табл. 2 приведены рекомендуемые значения коэффициента динамичности при работе судового крана в условиях волнения с разной балльностью, в том числе в защищенной акватории [7].

Эти значения получены на основе максимально возможных при данном волнении и массе груза, с учетом запасов прочности конструкции и механизмов судового крана, а также малой вероятности возникновения максимально возможных нагрузок.

Таблица 2
Рекомендуемые значения коэффициента динамичности

Масса груза, т	Коэффициент динамичности при балльности волнения					
	0	1	2	3	4	5
0,5	1,85	1,85	2,85	4,00	5,35	6,60
1,0	1,60	1,60	1,85	2,40	3,15	4,10
2,0	1,40	1,40	1,60	2,00	2,60	3,25
3,0	1,25	1,25	1,40	1,65	2,00	2,45
4,0	1,20	1,20	1,25	1,50	1,80	2,20
5,0	1,15	1,15	1,20	1,40	1,65	1,90
≥5,0	Определяется расчетом в соответствии с условиями эксплуатации крана					

При определении максимальных нагрузок судового крана в условиях, отличающихся от приведенных в табл. 2, необходимо уточнять коэффициент динамичности в соответствии с условиями эксплуатации крана. В связи с этим для минимизации возникающих во время эксплуатации судна с краном следует:

- располагать судно лагом к волне, если кран находится на значительном расстоянии в нос либо в корму от ЦТ судна;
- при положении судна лагом к волне проводить подъем груза со стороны защищенного от волнения борта;
- располагать судно носом к волнам, если кран находится по длине судна недалеко от его ЦТ.

Судовой кран обычной конструкции можно допускать к работе на волнении, ограничивая скорость подъема груза

не более 30 м/мин. и грузоподъемность крана – на основе соответствующего коэффициента динамичности.

При работе судового крана в порту (на тихой воде) и при подъеме груза с подхватом с воды либо с причала, если скорость подъема превышает 60 м/мин., значение коэффициента динамичности должно определяться расчетом. Для судовых кранов, работающих длительное время и систематически в условиях волнения, значительное снижение грузоподъемности нерационально. Такие краны должны быть оснащены следящим или ограничивающим нагрузки устройством.

Установлено, что процесс подъема груза судовым краном на волнении условно разделен на три характерных этапа и протекает во времени следующим образом:

первый этап – от момента включения механизма подъема до момента полного выбирания ослабления грузового каната. Для удобства условно принято, что начальный момент совпадает с моментом нахождения второго судна на вершине волны. При подъеме на волнении ослабление ялочных канатов и грузового каната является обязательным условием, позволяющим выполнить остропление груза, в результате чего подъем груза с палубы второго судна возможен только с подхватом;

второй этап – от момента выбирания слабины в канатах до «отрыва» груза от палубы второго судна;

третий этап – от момента «отрыва» груза до момента остановки механизма подъема после подъема груза на необходимую высоту.

Специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ» была разработана принципиально новая система стабилизации груза без применения специальных демфирующих устройств, позволяющая свести к минимуму влияние динамических воздействий на металлоконструкцию и механизмы крана в процессе его работы на третьем этапе процесса подъема груза. Принципиальное решение системы предусматривает функциональное разделение режимов принудительного вытравливания каната с большой силой сопротивления при торможении подвеса и выборки слабины каната с относительно малым усилием при его обратном ходе, что конструктивно выполнено в виде стабилизирующей лебедки и бифилярного подвеса. Такой системой был оснащен кран типа КЭГ (рис. 1) грузоподъемностью 20 т, а эффективность ее работы была подтверждена результатами тензометрических испытаний (статических и динамических) основных металлоконструкций крана, которые проводились с 28.07.08 по 02.08.08 на территории ОАО «Пролетарский завод» при нагружении крана грузом 20,5 т. В качес-

тве датчиков использовались тензометры ПКБ-23–700 Б. Для согласования тензометрических датчиков с вторичными преобразователями типа JIX5556 использовался 16-канальный мост-блок СМ-А221.С60546. В качестве регистратора использовался ИВК на базе персонального компьютера IBM PC. Напряжения измерялись при раскачивании груза в продольном и поперечном направлениях.



Рис. 1. Кран судовой электрогидравлический специальный грузоподъемностью 20 т

Сравнение уровней напряжений при раскачивании груза массой 20,5 т в продольном направлении показало эффективность воздействия стабилизирующей лебедки на затухание колебаний. Затухание колебаний груза при включенной лебедке происходило в среднем за 15–20 с. При выключенной стабилизирующей лебедке колебания могли продолжаться неопределенно долго.

При поперечных колебаниях груза влияние стабилизирующей лебедки незначительно. Затухание колебаний груза в этом случае обеспечивалось схемой запасовки грузовых канатов на участке нок стрелы – грузовая подвеска (бифилярный подвес).

Система стабилизации позволяет снизить длительность воздействия циклически изменяющихся во времени динамических воздействий на конструкции крана при его работе в условиях волнения и, таким образом, обойтись без значительного снижения грузоподъемности.

При этом раскачивание груза на канатах снижает скорость проведения грузовых операций, а зачастую даже накладывает ограничения на возможность выполнения работ при определенной балльности моря, тем самым сокращая технические возможности судна по грузооборотке. Это касается как машинного времени, связанного с вынужденным изменением длины грузового подвеса,

если она принимает «критические» значения при соответствующих частотах возмущающих воздействий во всем рабочем диапазоне проведения грузовых операций с использованием крана, так и времени, затрачиваемого на ручные операции, связанного с необходимостью удержания груза при его опускании. Таким образом, применение системы пространственной стабилизации повышает эффективность работы крана и увеличивает его техническую производительность, а разработанная конструктивно-технологическая схема судового крана с применением системы пространственной стабилизации грузового подвеса как специального устройства для судов и кораблей, выполняющих грузовые операции в открытом море, расширяет область применения судовых кранов.

Установлено, что при подъеме груза с волны в условиях сильной качки возникает особая задача, связанная с подхватом груза при прослабленном канате и возникновением рывка в грузонесущей связи (второй этап процесса подъема груза краном). В этих случаях применяют специальные следящие устройства, которые автоматически выбирают и травят подъемный канат, соответственно подъему и опусканию груза на волне.

В качестве стандартного решения для слежения за перемещениями палубы отдающего судна относительно палубы принимающего судна, качающегося на волнах, используется трос-проводник, конец которого закрепляется на палубе принимающего судна, преобразуя его вертикальное перемещение в колебательное вращение следящего барабана на грузоподъемном устройстве отдающего судна. Колебательные движения следящего барабана через дифференциальный редуктор накладываются на вращение основного барабана грузовой лебедки, что позволяет отследить взаимные перемещения обоих качающихся судов и провести безударную перегрузочную операцию, с коэффициентом динамичности близким к 1,0.

Подобной системой специалисты ЗАО «ЦНИИ СМ» оснастили судовой электрогидравлический кран типа КЭГ, грузоподъемностью 5 т, предназначенный для оснащения большого морского сухогрузного транспорта (рис. 2). Однако наличие жесткой обратной связи в рассматриваемом техническом решении, особенно при выполнении грузовых операций в условиях изменяющихся судовых зон обслуживания, сделало нецелесообразным его использование в условиях качки судна свыше 5 баллов.

Иной принцип применен в механизме подъема груза крана типа КЭГ грузоподъемностью 6 т, разработанного специалистами «ЗАО «ЦНИИ СМ» и предназначенного для подъема плава-

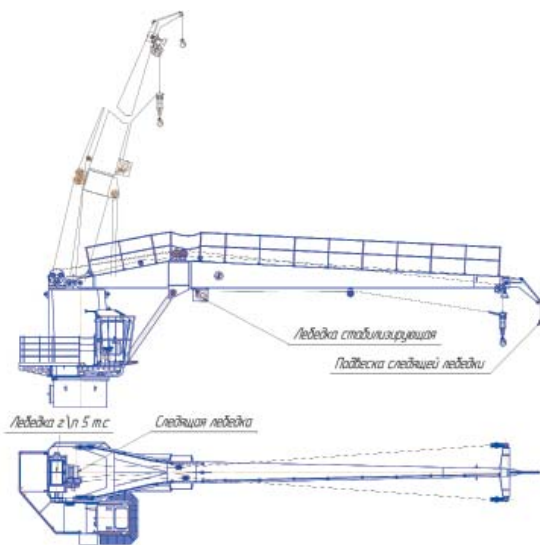


Рис. 2. Кран судовой электрогидравлический специальный грузоподъемностью 5 т



Рис. 3. Кран электрогидравлический грузоподъемностью 6 т

ющих грузов «сухой» массой до 4 т с поверхности воды (рис. 3).

Грузовые операции с плавающим грузом по своей сути идентичны передачи грузов на море на волнении, и наиболее универсальным средством для их выполнения остаются грузовые лебедки палубных кранов.

Динамические воздействия на плавающий груз на волнении определяется высотой регулярной волны, доходящей до 2,4–3,7 м, в зависимости от балльности моря. Практически, по условиям безопасности проведения подъемных работ, допустимая высота волн ограничивается 1,5 м, что соответствует 3 баллам по условной шкале Бофорта. Решением поставленной задачи компенсации динамических воздействий на кран со стороны плавающего груза при его подъеме является применение в составе механизма подъема крана лебедки специальной конструкции, позволяющей максимально использовать заложенную грузоподъемность с сохранением эксплуатационной прочности груза, при этом обладающей минимальными габаритными размерами.

Лебедка для подъема плавающих грузов выполнена таким образом, что наружная поверхность одной из торцевых реборд снабжена накладками (источник дискретных сигналов), установленными с шагом, кратным высоте волны, а на ближайшей к магнитам стойке лебедки уста-

новлены считывающие датчики. Барабан грузовой лебедки совершает угловые перемещения, переданные ему предварительно натянутым грузовым канатом от действия волн на плавающий груз. Выходной сигнал с датчиков поступает на гидрораспределитель, разрешая включение приводного гидродвигателя переменной производительности на подъем плавающего груза при нахождении последнего на гребне волны.

Отличия указанного технического решения от ранее разработанных:

- упрощение структуры устройства за счет исключения следающей лебедки с тросом-проводником;

- использование для слежения за плавающим грузом каната основной лебедки, а для его предварительного натяжения применение приводного гидромотора переменной производительности в режиме малой подачи;

- использование для считывания информации о положении груза на волне малогабаритных постоянных магнитов, расположенных на торце барабана, совершающего угловые колебания с шагом, кратным высоте волны.

Грузовая лебедка подобной конструкции может быть использована в грузоподъемных устройствах судов любого назначения, выполняющих подъем грузов с воды и/или их передачи в море на волнении, при этом значение коэффициента динамичности 1,4 удается уменьшить до 1,1, отвечающих требованиям для безударных грузовых операций. При этом повышается эффективность использования полезной грузоподъемности погруженных устройств с повышением их КПД, увеличивается срок службы со снижением риска появления внезапных отказов конструкции и узлов.

Отказ от следающих систем с проводниками и замена их бесконтактными упрощают конструкцию грузоподъемных устройств, делают их более компактными и удобными для размещения, а также удешевляют их эксплуатацию и содержание. Планируется проведение испытаний работы предложенной системы в различных условиях и режимах реальной эксплуатации с целью подтверждения изменения картины распределения напряжений в конструкциях крана.

Очевидно, что расчетные нагрузки должны назначаться только с учетом данных о фактической степени нагруженности соответствующих узлов в реальных ус-

ловиях эксплуатации. Для ряда крановых деталей общее число нагружений за весь срок службы механизма оказывается менее базового, принятого при определении длительного предела выносливости, поэтому при проектировании их расчет можно проводить по ограниченному пределу выносливости, т.е. по фактическому числу нагружений. Уменьшение числа циклов благодаря применению новых систем в конструкции крана позволяет расчет деталей производить на статическую прочность, так как влияние так называемого отдыха материала снижает опасность его усталостного разрушения и тем самым добиться снижения материалоемкости крановых деталей и узлов. При этом очевидно, что наличие в конструкции перспективных кранов систем компенсации, подавления или рассеивания неблагоприятных факторов внешней среды способствует значительному сокращению длительности грузовых операций в пределах одного цикла погрузочно-разгрузочных работ.

Благодаря применению в конструкциях вновь создаваемых судовых кранов системы пространственной стабилизации грузового подвеса в совокуинности со следающими системами предполагается возможность достижения технически рациональной конструкции с заданными эксплуатационными характеристиками, что, несомненно, должно внести вклад в обеспечение конкурентной привлекательности отечественной продукции судового машиностроения, разрабатываемой ЗАО «ЦНИИ СМ» и выпускаемой ОАО «Пролетарский завод». В настоящее время проблема безопасности плавания и маневрирования в штормовых условиях относится к числу наиболее сложных и наименее разработанных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тайц В. Г., Гуляев В. И. Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: Учеб. пособие. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 368 с.
2. Концепция развития морских сил и средств Российской Федерации на период до 2021 года [утвержд. Президентом РФ В. В. Путиным 5 декабря 2006]. – М., 2006.
3. Александров М. П. Грузоподъемные машины: Учеб. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана; Высшая школа, 2000. – 552 с.
4. Багдади Ш. З., Ким Е. Ч., Соколов С. А. Исследование коэффициентов интенсивности напряжений в элементах крановых конструкций // Изд. Тульского гос. ун-та. – Сер. «Подъемно-транспортные машины и оборудование». – 1999. – Вып. 2. – С. 275–280.
5. Дукельский А. И. Портовые грузоподъемные машины. – 2-е изд. перераб. – М.: Транспорт, 1970. – 440 с.
6. Григорьев Н. И. Нагрузки кранов. – Л.: Машиностроение, 1964. – 168 с.
7. Регистр СССР. Сб. нормативно-методических материалов. – Кн. вторая. – Л.: Транспорт, 1980. – 120 с. ■

Внедрение концепции бесперебойного электропитания [1] корабельной электронной нагрузки привело к востребованности нового типа электрооборудования, получившего название АБП – агрегаты бесперебойного питания [2]. В [1] отмечается, что в соответствии с упомянутой выше концепцией в задаче, решаемые АБП, кроме собственно обеспечения бесперебойности (т.е. отсутствия физического разрыва кривой напряжения питания), включено все, что касается требуемого для питания потребителей качества электроэнергии, а также требований к снижению сигналов помех до допустимого уровня. Также важно в ходе разработки АБП снизить уровень трудозатрат при изготовлении, проведении испытаний и обеспечении удобства монтажа и эксплуатации заказчиком. Отмеченное определяет требования к проведению проверки АБП при их отработке в условиях предприятия-изготовителя.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Основным разработчиком и поставщиком корабельных АБП сегодня выступает ОАО «Системы управления и приборы», входящий в концерн «НПО «Аврора». Указанные АБП используются в системах централизованного электропитания корабельных КСУ (АСУ), а также в системах электропитания автономных и локальных системах управления (СУ), поставляемых концерном на корабли и суда (рис. 1). До поставки в концерн, для проведения испытаний в составе системы АБП проходят полный цикл испытаний для определения их соответствия современным требованиям ГОСТ. После поставки на стенды концерна АБП проходят испытания в составе системы с реальной питающей сетью и нагрузкой.



Рис. 1. Функционирование АБП во время прохождения климатико-механических испытаний

Испытания АБП на реальную нагрузку в составе системы не представляют собой особой сложности, благодаря нали-

ОТРАБОТКА КОРАБЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИСПЫТАНИЙ ПО ПРЯМОМУ НАЗНАЧЕНИЮ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ

*А.Ю.Губанов, специалист ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
А.Г.Сотников, специалист ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320 2393*

Таблица 1

Требования к нормированию показателей качества электроэнергии

Характеристика эл. энергии	Показатель качества	Норма качества			
		ГОСТ СССР	ГОСТ РФ		
Небаланс напряжения	Коэффициент небаланса, %	< 3	3		
	Величина угла сдвига фаз, град	-	5		
Амплитудная модуляция напряжения	Действующее значение огибающей гармоники, %	< 2	2	2	1
	Диапазон частот, Гц	-	1-25	25-100	100-200
Искажение синусоидальности формы кривой напряжения	Коэффициент искажения синусоидальности, %	< 10	10		
	Действующее значение напряжения гармоники, %	-	8	5	
	Диапазон частот, Гц	-	2fn-5000	5000-10000	
Модуляция частоты	Величина изменения частоты, Гц	-	2		
	Диапазон частот повторения	-	1-10		
Пulsация напряжения	Коэффициент пульсации, %	-	10		
	Действующее значение напряжения гармоники, %	-	5	3	
	Диапазон частот, Гц	-	25-1000	1000-10000	

чию необходимых подключаемых потребителей. Однако имитация реального качества корабельной питающей сети накладывает определенные сложности на проведение испытаний.

Под «реальным» в нашем случае имеется в виду качество параметров корабельной сети с учетом отклонений параметров, при которых СУ ТС должна сохранять свою работоспособность [3].

В связи с внедрением нового комплекса государственных стандартов, существенно ужесточающих требования к нормированию показателей качества электроэнергии, задача физического воспроизведения в условиях испытательного стенда отклонений параметров качества питающей сети стала еще более сложной. Указанные стандарты нормируют показатели качества, например, в части определения гармонических составляющих в диапазоне частот до 10 кГц, а также проведения принципиально новых видов проверок, например, при пульсациях напряжения постоянного тока или при частотной модуляции в среде переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 и 400 Гц (табл. 1).

Испытания АБП на предприятии-изготовителе всегда связывали с необходимостью проведения проверок в условиях, максимально приближенных к

реальным условиям корабля. При этом наибольшее внимание уделялось организации электротехнической части стенда, на котором осуществлялись эти проверки. В частности, для развязки сетей электроснабжения стенда от городских сетей первичного электроснабжения в составе электротехнической части всегда создавались агрегатные спецтоки, которые позволяли воспроизводить среду электроснабжения с параметрами, соответствующими параметрам корабельных сетей. В [4] отмечается, что создание агрегатных спецтоков сегодня стало отдельным направлением, связанным с имитацией номинальных параметров корабельной сети за счет преобразования (посредством электромашиных или статических агрегатов) электроэнергии, поступающей от городской сети, в электроэнергию с параметрами, соответствующими сетям электроснабжения, имеющимся на корабле - по режиму нейтрали, числу фаз, уровню напряжения, частоте тока (рис.2).

Другое направление связано с имитацией измененных параметров корабельной сети, при которой физически воспроизводятся в условиях стенда характерные для корабля параметры качества электроэнергии, в том числе: отклонения напряжения и частоты, иска-



Рис. 2. Типовое электрооборудование испытательного стенда

жения формы кривой напряжения сети, небаланс напряжения сети и амплитудная низкочастотная модуляция (рис. 3).



Рис. 3. Аппаратура для имитации отклонений напряжения и частоты в агрегатной спецтоков

Опыт проведения испытаний АБП позволяет утверждать, что, если при реализации имитации по первому направлению наибольшие трудности связаны с чисто технологическими моментами (например, с организацией на стенде качественного контура заземления и т.п.), то второе направление всегда связано с необходимостью комплектования средств испытаний под конкретные задачи испытываемого изделия. Можно утверждать, что решение задач по второму направлению отличает высокая трудоемкость проведения самих физических проверок в ходе испытаний. Работы, проведенные в последние 10–15 лет, позволили разработать методы проведения проверок и обеспечить испытательные стенды необходимым оборудованием [4]. Продолжается совершенствование средств и методов испытаний с целью снижения трудоемкости их проведения, однако введение новых стандартов приводит к необходимости учета при проведении проверок все более сложных факторов, что опять же приводит к новым виткам роста трудоемкости. Как указывалось в [3, 5], по-прежнему при проведении испытаний наиболее трудоемкими остаются проверки, связанные с функционированием испытываемых изделий в условиях искажения формы кривой напряжения сети, одной из характеристик которого является параметр, называемый коэффициентом нелинейных искажений.

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АБП ПРИ СНИЖЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Известным методом имитации нелинейных искажений является введение в цепи первичного электроснабжения, поступающего от агрегатной испытательной силовой электроники, при этом, по опыту специалистов [3], потери мощности могут составлять до 50%, что (при ограниченной мощности агрегатной спецтоков) вызывает сложности в обеспечении электроэнергией потребителей испытываемого изделия. Тем не менее этот

метод был хорошо освоен и длительное время использовался как единственно возможный. Принципиально, указанный метод достаточно просто позволял создавать общий фон искажений, не выделяя в нем вклад отдельных гармоник. Требования, предъявляемые ГОСТ к проведению испытаний на функционирование СУ ТС в условиях искажения формы кривой питающего напряжения, постоянно ужесточаются.

В этих условиях создание методов организации проверок, сокращающих количество физических испытаний путем проведения корректного расчета, оказалось чрезвычайно актуальной задачей. Отметим, что речь ни в коем случае не может идти об отказе от физических проверок в пользу чисто расчетных методов.

Например, несинусоидальность напряжения может характеризоваться коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения.

При этом коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U (%) определяется, например, как

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100\%,$$

где $U_{(n)}$ – действующее значение n -й гармонической составляющей напряжения, V ; n – порядок гармонической составляющей напряжения, N – порядок последней из учитываемых гармонических со-

ставляющих напряжения; $U_{(1)}$ – действующее значение напряжения основной частоты, V .

Тогда коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения определяется, например, как

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\%.$$

Фазное напряжение гармоники в расчетной точке сети находят из выражения

$$U_{(n)} = \frac{I_{(n)} n U_{нл} U_{ном}}{S_k},$$

где $I_{(n)}$ – действующее значение фазного тока n -й гармоники; $U_{нл}$ – напряжение нелинейной нагрузки (если расчетная точка совпадает с точкой присоединения нелинейной нагрузки, то $U_{нл} = U_{ном}$); $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети; S_k – мощность короткого замыкания в точке присоединения нелинейной нагрузки.

Традиционно в 90-х гг. прошлого века проверки проводились при общем искажении сети, без выделения отдельных гармоник, что соответствовало требованиям действующей тогда нормативно-технической документации (рис. 4).

Для расчета $U_{(n)}$ необходимо предварительно определить ток соответствующей гармоники, который зависит не только от электрических параметров, но и от вида нелинейной нагрузки.

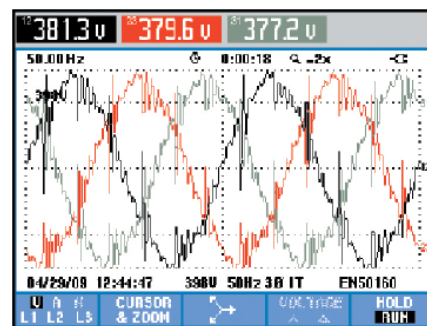


Рис. 4. Результаты имитации глубокого искажения параметров сети ($I_a = 18 A$, $I_b = 18 A$, $I_c = 19 A$, $K_u = 20,3\%$)

Появление требований к точному воспроизведению отдельных гармоник при испытаниях существенно усложнило организацию проверок, схему проведения испытаний, состав технических средств, необходимых для их проведения, а также значительно увеличило трудоемкость работ по их проведению. Последнее наиболее досадно, поскольку приводит к затягиванию сроков проведения проверок, которые на этапе, например, межведомственных испытаний организуются специально назначенной комиссией, сроки работы которой строго регламентированы.

Введение в действие нового комплекса стандартов после 2008 г. обострило создание более трудоемких методов. Одним из авторов данной статьи были предложены и внедрены в утвержденные

методики оригинальные методы, основанные на использовании преобразования Фурье [6, 7].

Из курса математики известно, что любую несинусоидальную функцию $f(at)$, удовлетворяющую условию Дирихле, можно представить в виде суммы постоянной величины и бесконечного ряда синусоидальных величин с кратными частотами. Напомним, что именно такие синусоидальные составляющие и называют гармоническими составляющими, или гармониками. Синусоидальная составляющая, период которой равен периоду несинусоидальной периодической величины, называется основной или первой гармоникой. Остальные составляющие синусоиды с частотами со второй по n -ю называют высшими гармониками.

Несинусоидальные ЭДС, токи и напряжения, с которыми приходится встречаться в электротехнике и промышленной электронике, являются периодическими функциями, удовлетворяющими условиям Дирихле, и, следовательно, могут быть представлены тригонометрическим рядом Фурье:

$$f(at) = A_0 + A_{1m} \sin(at + \omega_1) + A_{2m} \sin(2at + \omega_2) + \dots + A_{km} \sin(kat + \omega_k).$$

Тригонометрический ряд может быть представлен как в виде суммы синусов (синусный ряд), так и в виде суммы косинусов (косинусный ряд) гармонических составляющих.

В зависимости от характера реальной кривой $f(\omega t)$ тригонометрический ряд может не содержать постоянной составляющей, четных или нечетных высших гармоник, а также начальных фаз.

В практических расчетах цепей с несинусоидальными ЭДС, токами и напряжениями их мгновенные значения приближенно отображают конечным рядом Фурье (третьего–седьмого членов ряда). Число членов ряда зависит от необходимой точности расчета.

Характеристика несинусоидальных величин, представленных рядом Фурье, может быть определена графически с помощью диаграмм амплитудно-частотного, фазово-частотного спектров. Эти диаграммы характеризуют форму несинусоидальных кривых, причем первая диаграмма показывает спектральный состав по амплитудам, т. е. представляет зависимость амплитуд гармоник в относительных единицах от частоты, вторая диаграмма выражает зависимость начальных фаз гармоник от частоты.

Периодические несинусоидальные ЭДС, напряжения и токи могут быть представлены также эквивалентными синусоидами.

Основной идеей создания менее трудоемкого метода организации испытаний, связанного с необходимостью

неоднократного повторения проверок для каждой из анализируемых гармоник, является возможность достоверного расчетного подтверждения наличия соответствующих гармоник в созданном на стенде искажении первичной сети электроснабжения. Иными словами, достоинством метода, который можно назвать расчетно-физическим, является то, что данные обо всех анализируемых гармониках получают на основе чисто физической проверки, проводимой однократно. Реализация метода базируется на ранее созданных программах [6, 7] в среде Borland C++ Builder и в среде Matlab, воплощающих идею выделения гармоник из сигнала, полученного осциллографированием, и идею обратного формирования сигнала путем интерференции выделенных гармоник и фундаментальной синусоиды. Последнее необходимо для подтверждения достоверности результатов, полученных при применении метода.

Идея метода основана на использовании быстрого преобразования Фурье (БПФ) для обработки и восстановления сигнала по массиву точек, полученных с осциллографа. На входе мы имеем один период сигнала, представленный в виде массива точек. Далее идет БПФ этого массива для выявления всех составляющих сигнала. В следующем блоке вычисляются коэффициенты несинусоидальности напряжения для каждой гармоники сигнала. Затем мы восстанавливаем исходный сигнал по составляющим, полученным в результате БПФ. В настоящее время структурная схема описана в «Методике оценки результатов имитации искажений гармонического состава напряжения первичной сети электроснабжения», вошедшей в состав официальных действующих утвержденных методик испытаний СУ ТС.

СРЕДСТВА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АБП ПРИ СНИЖЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Выше отмечалось, что внедрение новой нормативной базы, касающейся качества электроэнергии, закономерно привело к необходимости глубокой переработки методов и методик проведения испытаний систем электропитания совместно с системами-потребителями. Разработка новых методик потребовала пересмотра состава электрооборудования и специализированных средств испытаний, используемых на испытательном стенде предприятий-изготовителей изделий морской техники.

Так, например, внедрение упомянутых выше методов в официальную методику оказалось сопряжено с необходимостью ее приспособления к согласованному заказчиком средствам измерения, официально включенным в состав ме-

тодики, которые не имели возможности предоставлять данные в необходимом для корректной работы программы формате. В связи с этим автором [7] была дополнительно создана в среде Borland C++ Builder специальная программа для обработки и конвертирования выходных данных осциллографа в необходимый формат, также вошедшая в состав официальной методики.

Для организации проверок поставляемых изделий были выполнены исследования методов проведения испытаний с использованием программируемых средств силовой электроники. Большое внимание при этом уделено программным методам, обеспечивающим реализацию всего спектра проверок на основе единого комплекта унифицированных аппаратных средств. Дальнейшее совершенствование созданных методов связано с внедрением более современных аппаратных средств. В частности, введение в состав испытательного оборудования преобразователя NetWave (рис. 5) фирмы «EM TEST (Switzerland) GmbH» позволило унифицировать это оборудование и создать программную библиотеку испытаний и проверок. Эти методы и средства прошли успешную апробацию при организации испытаний продукции концерна.



Рис. 5. Комплект унифицированных программируемых средств на испытательном стенде

На рис. 6 представлена структурная схема подключения аппаратуры и средств изменения при изменении параметров питающего напряжения сети переменного тока в процессе испытаний.

Новый этап работ связан с планируемым внедрением новых государственных стандартов, где предстоит реально создавать пульсации в среде постоянного тока 175–320 В и 27 В, а также модуляции частоты в среде переменного тока.

Полученный опыт апробации созданных методов позволяет считать, что вопросы организации проверок в соответствии с этими стандартами также будут успешно решены.

НОРМАТИВНАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА

Известно, что нелинейные искажения имитируются путем введения в цепи первичного электроснабжения, поступающего от агрегатной испытательного стенда, мощных преобразователей силовой электроники [4], при этом потери мощности могут составлять до 50%. Требования, предъявляемые ГОСТ к проведению испытаний на функционирование СУ ТС в условиях искажения формы кривой питающего напряжения, постоянно ужесточаются. В этих условиях задача по сокращению количества физических испытаний путем проведения корректного расчета, поставленная при разработке нового поколения средств и методов испытаний, оказалась чрезвычайно актуальной (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Корабельные АБП в силу своей широкой востребованности стали основным видом продукции, предлагаемой к поставке ОАО «СУП». По-прежнему основным потребителем АБП является ОАО «Концерн «НПО «Аврора».

Для решения актуальных вопросов организации проверок поставляемых изделий на стендах ОАО «Концерн «НПО «Аврора» и ОАО «СУП» были исследованы методы проведения испытаний с использованием программируемых средств силовой электроники. Большое внимание было уделено программным методам, обеспечивающим реализацию всего спектра проверок на основе единого комплекса унифицированных аппаратных средств [8].

Созданы методы на основе преобразований Фурье [6, 7] и разработаны методики, использование которых позволило значительно уменьшить трудоемкость работ по организации проверок. Дальнейшее совершенствование методов связано с внедрением более производительных аппаратных средств. В частности, введение в состав испытательного оборудования преобразователя «NetWave» производства фирмы «EM TEST (Switzerland) GmbH» позволило унифицировать это оборудование и создать программную библиотеку испытаний и проверок [4]. Созданные методы и средства прошли успешную апробацию в ходе испытаний продукции концерна.

Новый этап работ связан с планируемым внедрением ГОСТ РВ 2090-04–2008 и ГОСТ РВ 2090-006–2008, где предстоит реально создавать пульсации в среде постоянного тока 175–320 В и 27 В, а также модуляции частоты в среде переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Ю.А. Централизованное электропитание корабельных систем управления // Системы управления и обработки ин-

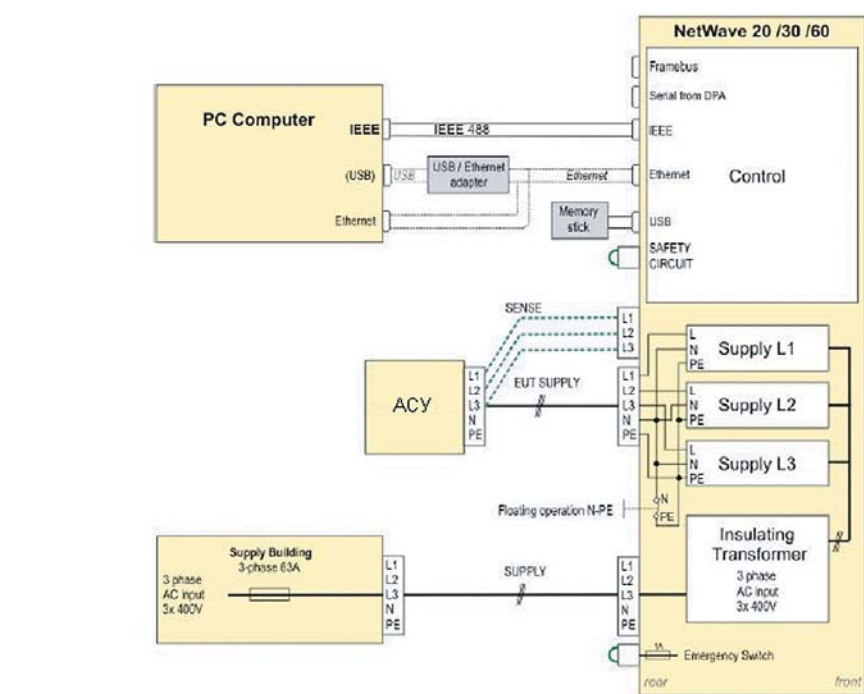


Рис. 6. Структурная схема подключения аппаратуры и средств изменения при изменении параметров питающего напряжения сети переменного тока

Таблица 2
Типовые методики испытаний СУ ТС при дестабилизирующих показателях качества электрической энергии, созданные в 2003–2013 гг.

Обозначение	Наименование	Применяемость
1 ДАИЕ.460700.014 Д	Методика испытаний при КЗ и перегрузках	СУ ТС типовая
2 ДАИЕ.460700.759 Д	Методика проверки изделий на воздействие ИКП по цепям питания и на отсутствие ИКП при функционировании	СУ ТС типовая
3 ДАИЕ.460700.760 Д	Методика создания отклонений питающей сети 50 Гц 220 В и 380 В	СУ ТС типовая
4 ДАИЕ.460700.773 Д	Методика создания отклонений параметров напряжения, частоты и низкочастотных помех по цепям питания 50 Гц 220 В и 380 В	СУ ТС типовая
5 ДАИЕ.460700.789 Д	Методика создания отклонений питающей сети, пост. ток 27 В, 175–320 В	СУ ТС типовая
6 ДАИЕ.460700.790 Д	Методика создания отклонений питающей сети, переменный ток 220 В 400 Гц	СУ ТС типовая

2. Он же. Агрегаты бесперебойного питания корабельных систем управления // Электропитание: Науч.-техн. сб. / Асс. Электропитание. – М., 2002. – Вып. 4. – С. 29–35.
3. Васильев В.С., Губанов Ю.А. Методы и средства имитации отклонений параметров качества питающей сети при проверке функционирования систем управления на стенде предприятия-изготовителя // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – 2010. – Ч. 1. – Вып. 20. – С. 201–209; Ч. 2. – Вып. 21. – С. 144–161; Ч. 3. – Вып. 22. – С. 200–207.
4. Губанов А.Ю. Средства и методы для организации проверок функционирования изделий морской техники при снижении качества электроэнергии в первичной корабельной питающей сети. – XII Молодеж. науч.-техн. конфер. «Взгляд в будущее–2014»: Маг-лы конфер. – СПб: ОАО «ЦКБ МТ «Рубин». – 2014. – С. 150–162.
5. Он же. Разработка методов проведения испытаний систем управления корабельными техническими средствами при воздействии гармонических составляющих по цепям питания // Корабельные системы управления и обработки информации. Проектирование и изготовление: Сб. тез. докл. – ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – СПб., 2012, с. 61–62.
6. Он же. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2011618429 Harmonics points converter. М., 2011, 35 с.
7. Он же. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2011618430 THD computer. М., 2011, 3 с.
8. Он же. Развитие средств и методов имитации реального качества корабельной сети в условиях испытательного стенда предприятия – изготовителя // Корабельные системы управления и обработки информации. Проектирование и изготовление: Сб. тез. докл. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – СПб., 2013, с. 14–15. ■

Выполненные аналитические и экспериментальные исследования позволяют разработать основные принципы расчета элементов системы гарантированного энергоснабжения автономной работы (СГЭС АР) с автономным теплогенератором (АТГ) для различных условий применения. В табл.1 даны характеристики основных схем применения СГЭС АР с АТГ.

Согласно данной таблице, наиболее простая структура СГЭС АР ДГУ обеспечивает работу собственно ДГУ в аварийных и вспомогательных режимах: заряд стартерных аккумуляторных батарей, обеспечение режимов резерва, подготовки к пуску и запуску первичного двигателя и т. п. Здесь не осуществляется электропитание потребителей переменным током, поэтому схема включает в себя два основных элемента – теплоэлектрогенератор (ТЭГ) и теплогенератор (ТГ). При этом параметры ТЭГ, такие как напряжение, мощность и количество элементов, могут быть определены по условию обеспечения заряда аккумуляторной батареи силовой (АБС). При принятой конструкции ТГ его теплопроизводительность при минимальной тепловой емкости рассчитывается по известным методикам с учетом КПД преобразования, по условию обеспечения нормальной работы ТЭГ определенной мощности.

В системах гарантированного электропитания топологии СГЭС АР СЭС дополнительно к режимам ДГУ также обеспечивается проведение аварийных и вспомогательных режимов другого оборудования СЭС, в частности, предусматривается бесперебойная (в режиме on-line) подача электропитания ответственным потребителям при выходе из строя основных энергоисточников. На данных режимах АТГ выступает в роли АБН топологии on-line, для чего дополнительно оборудуется автономным источником напряжения (АИН). Мощность АИН определяется по условию обеспечения электропитанием ответственных электропотребителей, однако период автоном-

ной работы и мощность АИН в данном случае ограничиваются параметрами аккумуляторной батареи силовой (АБС) и ТЭГ, которые по-прежнему рассчитаны по условию обеспечения аварийных и вспомогательных режимов работы ДГУ.

Возможности энергоснабжения потребителей на аварийных и вспомогательных режимах работы основных энергоисточников могут быть существенно расширены, если в структуру СГЭС АР ввести элементы аккумуляции тепловой (ТА) и электрической (АБН) энергии. В этом случае мощность АИН может быть рассчитана по условию обеспечения питанием ответственных электропотребителей практически без ограничений. Кроме этого, за счет наличия ТА в системах гарантированного энергоснабжения топологии СГЭС АР системы энергоснабжения (СЭНС) появляется возможность дополнительной подачи тепла потребителям от ТГ, а также за счет утилизации тепла ДГУ. В данном случае ТЭГ может быть рассчитан по условию обеспечения заряда АБН. Емкость и напряжение АБН определяются по условию обеспечения требуемых характеристик работы АИН по мощности и автономности. Тепловой аккумулятор рассчитывается по условию обеспечения потребителей тепловой энергией с учетом ограничений по мощности и периоду автономной работы при теплоснабжении от ТГ и ДГУ. Параметры ТГ выбирают исходя из общей тепловой нагрузки от ТЭГ и других потребителей с учетом наличия ТА.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

И. О. Прутчиков, д-р техн. наук, проф. ВИТУ,
В. В. Камлюк, д-р техн. наук, ген. директор ООО «НПО 122 УМР»,
А. В. Маккавеев, науч. сотрудник ВИТУ,
 контакт. тел. 8 (921) 906 5288

Таблица 1
Характеристики основных схем применения СГЭС АР с АТГ

Наименование (тип СГЭС АР)	Основной элемент	Режим использования	Расчетный параметр
СГЭС АР ДГУ	ТГ, ТЭГ, АБС	Резерв ДГУ; предпусковой прогрев ДГУ; запуск ДГУ; заряд АБС; электропитание потребителей постоянным током	$U_{ТЭГ}; P_{ТЭГ}; N_{ТЭГ}; P_{ТГ}; P_{АБС}$
СГЭС АР СЭС	ТГ, ТЭГ, АБС, АИН	АР ДГУ; работа в режиме АБЛ on-line; когенерация энергии (утилизация тепла от ДГУ)	$U_{ТЭГ}; P_{ТЭГ}; N_{ТЭГ}; P_{ТГ}; P_{АБС}; P_{АИН}$
СГЭС АР СЭНС	ТГ, ТЭГ, АБН, АИН, ТА	АР СЭС; аккумуляция тепловой энергии; аккумуляция электрической энергии; теплоснабжение потребителей от АТГ;	$U_{ТЭГ}; P_{ТЭГ}; N_{ТЭГ}; P_{ТГ}; P_{АБН}; P_{АИН}; C_{АБН}; U_{АБН}; C_{ТА}; P_{ТА}$
СГЭС АР ЭЭС	ТГ, ТЭГ, АБН, РПЭ, ТА	АР СЭНС; форсировка ДГУ по активной мощности; компенсация реактивной мощности сети; выравнивание графиков электрических нагрузок; работа при малых нагрузках;	$U_{ТЭГ}; P_{ТЭГ}; N_{ТЭГ}; P_{ТГ}; P_{АБН}; P_{АИН}; C_{АБН}; U_{АБН}; C_{ТА}; P_{ТА}; P_{РПЭ}; P_{ДГУ}$

ной работы и мощность АИН в данном случае ограничиваются параметрами аккумуляторной батареи силовой (АБС) и ТЭГ, которые по-прежнему рассчитаны по условию обеспечения аварийных и вспомогательных режимов работы ДГУ.

При значительной доле в составе электроприемников ответственных потребителей, требующих бесперебойного электропитания (до 10% и выше от общей электрической нагрузки), становится целесообразной реализация автономного инвертора в виде реверсивного преобразования электроэнергии, способного работать в параллель с основным энергоисточником (внешней сетью). Такое техническое решение дает дополнительный эффект от совместной работы регулируемого преобразования энергии (РПЭ) и ДГУ, как это подробно показано в работах [1–3]. Характеристики РПЭ в СГЭС АР ЭЭС рассчитываются по условию обеспечения бесперебойного электропитания ответственных потребителей. Мощность ДГУ при этом может быть снижена в соответствии с рекомендациями, данными, в частности, в работах [2,3]. Остальные элементы СГЭС АР, такие, как ТЭГ, ТГ, АБН и ТА, при этом рассчитываются, как и в схеме СГЭС АР СЭНС.

Таким образом, характеристики и параметры СГЭС АР в зависимости от условий применения могут быть рассчитаны с учетом изложенных выше особенностей и исходных данных по известным методикам расчета ДГУ, ТЭГ, АБН, ТА, АИН и РПЭ [4–10].

Основным элементом СГЭС АР, предопределяющим особенности, общую эффективность и основные характеристики ее функционирования являются АТГ. Применительно к предложенному типу АТГ в составе блока ТЭГ и ТГ, работающем на углеводородном топливе, расчет параметров СГЭС АР

может быть рассмотрен подробнее.

Основная комплексная функция АТГ – выработка и утилизация тепловой и электрической энергии. В связи с этим расчет АТГ может быть выполнен в следующей последовательности:

- расчет мощности ТЭГ для заряда АБ;
- расчет количества ТЭГ для заряда АБ;
- расчет времени заряда АБ;
- расчет емкости ТА заполняемой антифризом (водой);

1. Расчет мощности ТЭГ для заряда АБ

Стартерные АБ относятся к химическим источникам тока, в которых за счет протекания пространственно-разделенных окислительно-восстановительных химических реакций их свободная энергия преобразуется в электрическую. Строго говоря, АБ – это вторичные источники тока, поскольку они являются обратимыми источниками энергии, в отличие от необратимых гальванических элементов.

Основными электрохимическими характеристиками АБ являются: электродвижущая сила (ЭДС) E_0 , напряжение U , внутреннее сопротивление r , номинальная (разрядная) емкость C_p .

К основным эксплуатационным характеристикам аккумуляторов относят плотность электролита ρ_3 , силу разрядного тока I_p , температуру электролита T_3 , а также степень заряженности батареи.

Плотность электролита существенно влияет на емкость аккумулятора и срок его службы. При повышении плотности электролита емкость положительных электродов увеличивается, а отрицательных – уменьшается. Повышение плотности электролита отрицательно сказывается на сроке службы аккумулятора. Оптимальная плотность электролита – 1,28 г/см³.

Величина разрядного тока I_p также существенно влияет на емкость батареи. При больших разрядных токах емкость АБ значительно снижается вследствие закупорки активной массы и прекращения диффузии в нее электролита. При прерывистых разрядах батарея может отдать емкость больше, чем при непрерывном разряде. Таким образом, при стартерном режиме разряда, который характеризуется величиной разрядного тока $I_p = 2-5C_{20}$ (C_{20} – номинальная емкость при двадцатичасовом непрерывном разряде), длительностью разрядов 10–15 с, с перерывами между разрядами 60 с, значительного снижения емкости в целом может не наблюдаться. Вместо номинальной емкости двадцатичасового разряда C_{20} иногда используется понятие *резервной емкости*, которая характеризует время разряда батареи (в минутах) при силе разрядного тока 25 А независимо от номинальной емкости батареи.

При снижении температуры электролита T_3 разрядная емкость аккумуляторов уменьшается вследствие повышения вязкости электролита. Номинальную емкость аккумулятора может обеспечить только при температуре +18 – +27 °С. С увеличением степени заряженности при прочих равных условиях емкость аккумулятора увеличивается и достигает своего максимального значения при полном заряде батареи.

В настоящее время используется два основных режима работы АБ: режим постоянного подзаряда и режим заряд-разряд.

Для автономного теплоэлектрогенератора режим постоянного подзаряда является основным режимом работы в случае, когда АТГ самостоятельно работает на нагрузку. Он состоит в том, что батарея работает параллельно с АТГ – подзарядным агрегатом, который несет постоянную нагрузку, и, подзарядя батарею, компенсирует ее саморазряд. Следовательно, батарея находится в заряженном состоянии и готова к принятию нагрузки.

Для поддержания аккумуляторов в заряженном состоянии требуется напряжение подзаряда 2,15 В на аккумулятор, а минимальный ток подзаряда принимается равным 10–30 мА.

Режим заряд-разряд применяется в случаях, когда постоянная составляющая нагрузки некруглосуточная, аварийные

режимы редки или вообще отсутствуют. В нормальных условиях батарея после очередного заряда постепенно разряжается. Продолжительность разряда определяется особенностями технологического режима работы АТГ, величиной и характером нагрузки и составляет 1–3 или 15 суток. В конце разряда остаточная емкость батареи не должна быть меньше 60–75% ее номинальной емкости для того, чтобы батарея могла обеспечить нагрузку аварийного режима. Для поддержания автономного объекта в постоянной готовности запас энергии пополняется путем периодического заряда АБ. Мощностные характеристики АТГ выбирают такими, чтобы автономный теплоэлектрогенератор, заряжая батарею, одновременно обеспечивал и постоянную нагрузку в сети. При этом продолжительность заряда не должна превышать 6–8 часов, а батарея за это время должна получить не менее 90% номинальной емкости.

С точки зрения работы АБ в качестве источника питания наиболее важными параметрами являются энергия и мощность аккумулятора. Энергия аккумулятора W выражается в Ватт-часах и определяется произведением его разрядной (зарядной) емкости на среднее разрядное (зарядное) напряжение, то есть:

$$\begin{aligned} W_p &= C_p \times \bar{U}_p; \\ W_z &= C_z \times \bar{U}_z, \end{aligned} \quad (1)$$

где C_p и C_z – соответственно разрядная и зарядная емкости батареи, А·ч, \bar{U}_p и \bar{U}_z – средние значения разрядного и зарядного напряжения, В.

Удельная энергия, отнесенная к единице массы аккумулятора, при двадцатичасовом режиме разряда составляет 40 – 47 Вт·ч/кг.

Мощность аккумулятора P , т. е. количество энергии, отдаваемой в единицу времени, определяется по выражению

$$P = I_p \cdot U_p. \quad (2)$$

Мощность, рассеиваемая в замкнутой электрической цепи, т. е. полная мощность источника тока, определяется выражением

$$P = I \cdot E = I(I \cdot r + I \cdot R) = I^2 r + I^2 R. \quad (3)$$

где R – сопротивление внешней цепи, Ом; r – внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом.

Таким образом, полную мощность P можно представить состоящей из полезной мощности и потерь на внутреннем сопротивлении r :

$$P = I \cdot E - I^2 \cdot r. \quad (4)$$

Максимальная полезная мощность P_{\max} имеет место при равенстве сопротивлений внешней и внутренней цепи. Следовательно, для получения во внешней цепи максимальной полезной мощности необходимо, чтобы её сопротивление было равно внутреннему сопротивлению аккумуляторной батареи.

Мощностные характеристики аккумуляторов существенно зависят от эксплуатационных факторов и прежде всего от режимов разряда. Основные режимы, рекомендованные нормативными документами для оценки качества батарей, приведены в табл. 2.

Наиболее тяжелым режимом работы для батареи является режим стартерного разряда при пуске первичного двигателя. Пусковой режим характеризуется переменной величиной силы тока разряда. Для оценки стартерных характеристик батарей предложено несколько методик, предусматривающих контроль состояния батареи при непрерывном разряде постоянным по величине током (испытание током холодной прокрутки).

Наиболее распространен стандарт Международной электротехнической комиссии МЭК (IEC) 60095–1. Согласно этому стандарту стартерный разряд проводят при температуре –18° С в течение 60 с током указанным производителем, при этом в конце 60-й секунды разряда напряжение на батарее не должно быть ниже 8,6 В.

Действующим в России ГОСТ 959–91 и Германским промышленным стандартом DIN 43539 (ч.2) разряд производит-

Режимы для проверки батарей

Режим разряда батареи	Ток разряда, А	Температура электролита °С	Конечное напряжение на выводах батареи, В	Продолжительность разряда
1. Определение номинальной емкости (20-часовой режим разряда)	0,5C _{ном}	+25	10,50	≥20 ч
2. Определение резервной емкости	25	+27	10,50	Различна по типам батарей
3. Стартерный (короткий) разряд ГОСТ 959–91	Указан на батарее	-18	6,0 (9,0 В на 30 с)	2,5 мин.
3а. Стартерный разряд ГОСТ 959–2002	Указан на батарее для 1-й стадии. 0,6 от указанного для 2-й стадии	-18	6,0 (7,5 В на 30-й с)	10 с – 1-я стадия; 90 с или 150 с до конечного напряжения
4. Проверка узлов пайки и токоведущих деталей на надежность	9 C _{ном} , но не более 1700 А	+25±5	Не менее 6,0В	Четыре периода по 5 с, с чередованием пауз по 10 с

ся при температуре –18°С до конечного напряжения на батарее 6 В. При этом напряжение на 30-й секунде должно быть не ниже 9,0 В, а время разряда до 6 В – не менее 150 с. В США по стандарту SAE J537 разряд проводят при температуре –18°С током, при котором напряжение 7,2 В достигается за 30 с. В странах ЕЭС и в новом ГОСТ 959–2002 для оценки качества батарей используется стандарт EN 60095–1. По данной, более полной, методике разряд при –18°С проводится в две стадии. На первой стадии разряд в течение 10 с проводится при токе, указанном производителем. При этом напряжение в конце разряда должно быть не менее 7,5 В. Затем разряд прекращают и после 10-секундной паузы разряд продолжают током, равным 0,6 величины тока, указанного производителем до конечного напряжения 6,0 В. Суммарное время разряда батареи должно быть не менее 90 с или 150 с, в зависимости от выбранного производителем тока разряда. Испытание батареи в две стадии позволяет оценить не только мощность стартерного разряда батареи, но и отдачу батарей необходимой емкости, т. е. количество успешных попыток пуска холодного первичного двигателя.

Следует отметить, что условия работы АБ совместно с АТГ отличаются от ее использования для запуска ДВС. Однако, поскольку с эксплуатационной точки зрения стартерный режим остается самым тяжелым, оценку величины мощности АБ для АТГ можно проводить, пользуясь описанными выше методиками стартерного разряда.

Таким образом, полезная мощность АБ для АТГ ориентировочно может быть определена по выражению

$$P^* = I_{ст} \cdot U_k, \quad (5)$$

где $I_{ст}$ – паспортное значение стартерного тока батареи, А; U_k – конечное напряжение разряда, определяемое стандартом, по которому задан $I_{ст}$, В.

Значения стартерного тока и конечного напряжения батареи лежат в следующих пределах:

$$\begin{aligned} I_{ст} &= (2 \div 5) \cdot C_{20}; \\ U_k &= (0,5 \div 0,75) \cdot U_n, \end{aligned} \quad (6)$$

где C_{20} – паспортная емкость двадцатичасового разряда, А·ч; U_n – номинальное напряжение стартерной батареи, В.

С учетом приведенных данных в первом приближении полезную мощность АБ можно оценить по выражению

$$P^* = (2 \div 3) \cdot C_{20} \cdot U_n. \quad (7)$$

Мощность ТЭГ должна быть достаточной для заряда АБ и обеспечения электрической энергией потребителей. Наибольшая мощность $P_{тэг}$ имеет место при заряде АБ ступенчатым способом при полном числе последовательно соединенных аккумуляторов в группе или батарее. Эта мощность определяется по формуле

$$\sum P_{тэг} = I_{подз} \times U \quad \text{кВт}, \quad (8)$$

где n – число последовательно соединенных аккумуляторов в группе или батарее; $I_{подз}$ – ток подзаряда; U – напряжение на термоэлектрическом модуле, В; $\sum P_{тэг}$ – суммарная мощность всех термоэлектрических модулей, кВт.

Согласно данным [19], величина $I_{подз}$ может быть принята равной:

$$I_{подз} = 0,2 I_{заряда}, \quad (9)$$

где $I_{подз}$ – ток подзаряда; $I_{заряда}$ – ток заряда АБ.

В свою очередь, $I_{заряда}$ может быть определен по выражению

$$I_{заряда} = C / 10, \quad (10)$$

где $I_{заряда}$ – ток заряда; C – емкость аккумуляторной батареи (А/ч).

Время заряда АБ ориентировочно можно определить по выражению

$$t_{зар} = C / I_{мин}, \quad (11)$$

где C – емкость АБ, А/ч; $t_{зар}$ – время заряда АБ, с; $I_{мин}$ – минимально-допустимый ток заряда, А.

2. Расчет количества модулей ТЭГ для заряда АБ

Количество термоэлектрических модулей, необходимых для заряда АБ и обеспечения электрической энергией потребителей, определяется по формуле

$$n_{тэг} = \sum P_{тэг} / P_{тэг}, \quad (12)$$

где $\sum P_{тэг}$ – суммарная мощность всех термоэлектрических модулей, кВт; $P_{тэг}$ – мощность одного термоэлектрического модуля, кВт.

3. Расчет емкости автономного теплоэлектрогенератора (АТГ)

Расчет данного АТГ, заполняемого антифризом (водой), может быть выполнен в режиме нахождения системы в резерве при отсутствии внешнего электроснабжения:

- поддержание энергоисточников в горячем резерве;
- подзаряд АБ

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды:

$$Q = G \times Q_{н}^* \times \tau, \quad (13)$$

где Q – количество теплоты, необходимое для нагрева воды, Дж; G – расход топлива, кг; τ – время автономной работы, ч; $Q_{н}^*$ – низшая теплотворная способность топлива.

Объем необходимой охлаждающей жидкости

$$V = M_{охл} \times \rho, \quad (14)$$

где V – объем охлаждающей жидкости, Дж; $M_{охл}$ – масса охлаждающей жидкости, кг; ρ – плотность воды, откуда:

$$M_{охл} = Q \div \rho, \quad (15)$$

где Q – количество теплоты, необходимое для нагрева воды, Дж; $M_{охл}$ – масса охлаждающей жидкости, кг; ρ – плотность воды.

4. Поверочный расчет работы АТГ в пусковом режиме ДГУ

Количество теплоты, необходимое для подогрева блока цилиндров, головки блока цилиндров,

$$Q_6 = M_6 \times c_{р6} \times \Delta t_{охл}, \quad (16)$$

где Q_6 – количество теплоты, необходимое для подогрева ДГУ, Дж; M_6 – масса нагреваемого металла, кг; $c_{р6}$ – теплоемкость металла, Дж/К; $\Delta t_{охл}$ – разность температур, (от t_0 до t); $c_{ра1} = 896$ Дж/кг·К.

Общее количество тепла, подводимое к ДГУ при прогреве,

$$Q_{ДГУ} = Q_6 + Q_{охл}; \quad (17)$$

где $Q_{охл}$ – количество теплоты, необходимое для нагрева воды, Дж; Q_6 – количество теплоты, необходимое для подогрева ДГУ, Дж; $Q_{ДГУ}$ – общее количество тепла, подводимое к ДГУ, Дж.

Время подогрева контура охлаждения ДГУ до пускового режима:

$$\tau_{\text{нагр}} = \frac{Q_{\text{ДГУ}}}{Q_{\text{АТГ}}}, \quad (18)$$

где $Q_{\text{ДГУ}}$ – общее количество тепла, подводимое к ДГУ, Дж; $Q_{\text{АТГ}}$ – мощность теплового генератора, Дж; $\tau_{\text{нагр}}$ – время прогрева ДГУ, мин.

Количество теплоты, необходимое для выхода АТГ на номинальный режим работы,

$$Q'_{\text{нагр}} = c_{\text{рв}} \cdot M \Delta t, \quad (19)$$

где $c_{\text{рв}}$ – теплоемкость охлаждающей жидкости, Дж/К; $c_{\text{рв}} = 4195$ Дж/кг·К; $M_{\text{охл}}$ – масса охлаждающей жидкости, кг; $\Delta t_{\text{охл}}$ – разность температур, (от t_0 до t).

Расчет времени выхода АТГ на номинальный режим работы

$$\tau_{\text{нагр}} = \frac{Q'_{\text{нагр}}}{Q_{\text{АТГ}}}, \quad (20)$$

где $Q'_{\text{нагр}}$ – количество теплоты, необходимое для выхода АТГ на номинальный режим работы, Дж; $Q_{\text{АТГ}}$ – мощность теплового генератора, Дж; $\tau_{\text{нагр}}$ – времени выхода АТГ на номинальный режим работы, мин.

Таким образом, выполненные исследования и анализ позволили составить общий алгоритм расчета параметров СГЭС АР с АТГ для автономных объектов, представленный на рис. 1.

Данный алгоритм предусматривает последовательный расчет основных элементов СГЭС АР с учетом их структурных особенностей. Параметры АТГ рассчитываются по выражениям (1)–(20), которые по сути составляют методику расчета АТГ. Остальные элементы, в частности АБН, ТА, АИН и РПЭ, могут быть рассчитаны по известным методикам с учетом назначенных в расчете исходных данных.

Результаты расчета элементов СГЭС АР согласно разработанному алгоритму могут быть проверены путем расчета статических и динамических характеристик СГЭС АР с целью оценки их соответствия заданным требованиям методом математического моделирования. В заключение расчета СГЭС АР предполагается определение и оценка ее технико-экономических показателей.

Таким образом, разработанные основы и общие принципы расчета СГЭС АР с АТГ позволяют определить их основные показатели, обеспечивающие соответствие предъявленным требованиям. Общий алгоритм расчета параметров и элементов СГЭС АР с АТГ, а также разработанные методики расчета АТГ и характеристик СГЭС АР могут найти применение при разработке и проектировании соответствующих систем для автономных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.И. Система форсировки по активной мощности ДГУ автономных объектов МО РФ с применением устройств частотного регулирования и преобразования энергии. – СПб.: ВИТУ, 2005. – 192 с.
2. Прутчиков И.О. и др. Анализ технической и экономической эффективности применения систем форсировки мощности ДГУ на базе статических преобразователей частоты/ Научные и практические вопросы совершенствования электрооборудования и энергетических систем автономных объектов: Сб. докл. – СПб.: ВИТУ. – 2003, 110 с.
3. Прутчиков И.О. и др. Особенности и основные направления обеспечения автономной работы дизель-генераторных установок объектов МО РФ. – Научные и практические вопросы совершенствования электрооборудования и энергетических систем автономных объектов: Сб. докл. – СПб.: ВИТУ, 2003. – 110 с.
4. Кромптон Т.Р. Вторичные источники тока/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 304 с.
5. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы. – М. Изд-во АН СССР, ТУ60.
6. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 328 с.
7. Электротехнический справочник. – Т. 3. – Кн.1. Производство, передача и распределение электрической энергии /Под общей ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 6-е изд. – М.: Энергоиздат, 1982. – 656 с.
8. Рекомендации по технико-экономическому обоснованию применения нетрадиционных солнечных и солнечно-теплоснабсных систем теплохладоснабжения на гражданских промышленных объектах. – М. Гогражданстрой, 1987. – 43 с.
9. Рынок термодинамических модулей. Аналитический обзор. Росбизнесконсалтинг. М. 2009. <http://marketing.rbc.ru>.
10. АВВ Индустрии и строительная техника. Каталог продукции (преобразователи частоты, устройства и установки гарантированного питания). – СПб., 2003. ■

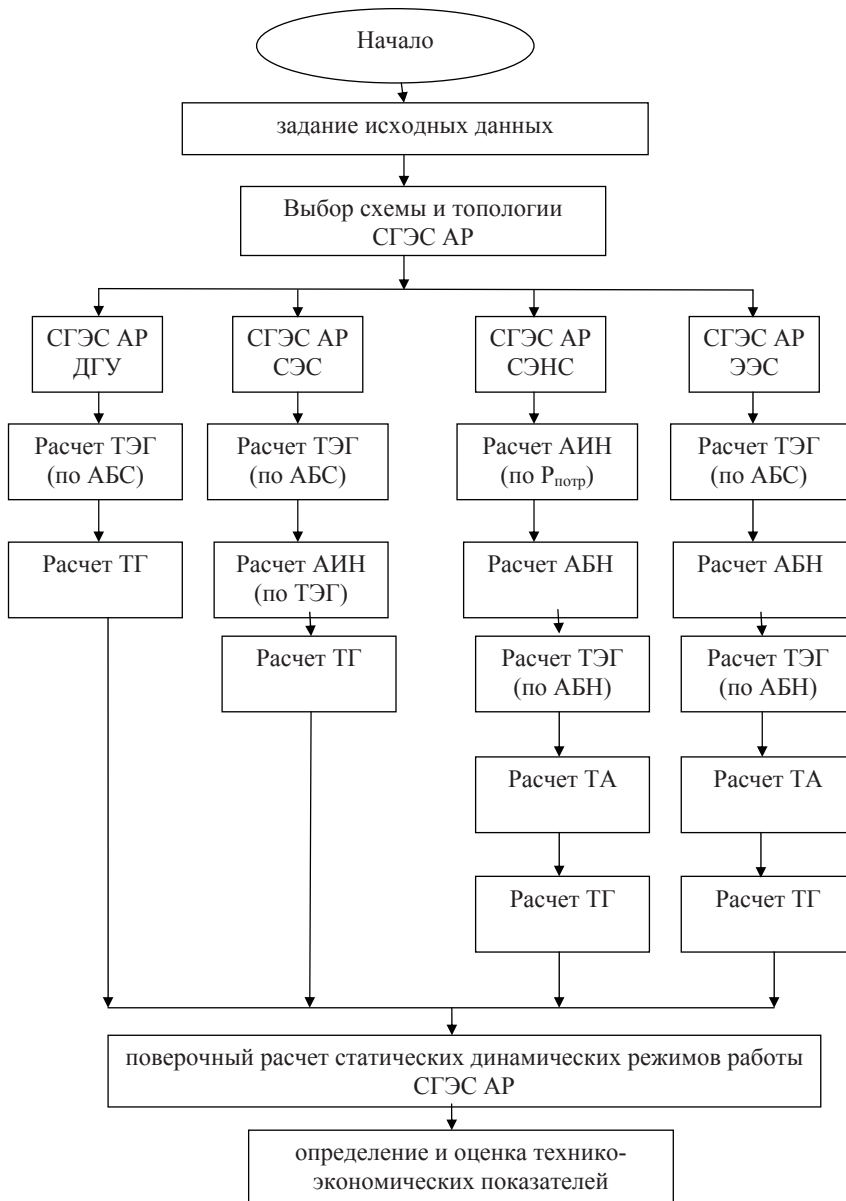


Рис. 1. Алгоритм расчета параметров СГЭС АР с АТГ для автономных объектов

Современный этап развития судостроения характеризуется неуклонным повышением требований к электроэнергетическим установкам и электроприводам различного назначения. Перед проектантами кораблей стоит задача рационального и обоснованного выбора пропульсивных установок, на которые приходится не менее 80% мощности, генерируемой судовыми электростанциями.

Предприятие ОАО «Новая ЭРА», являясь одним из основных российских предприятий, серийно изготавливающих судовые системы распределения и управления электроэнергией, в индивидуальном порядке проводит серию исследований с целью обеспечения импортозамещения электрооборудования в интересах отечественного производителя.

В 2013–2014 гг. на предприятии ОАО «Новая ЭРА» был разработан и изготовлен опытный образец многоинверторного преобразователя частоты мощностью 2,5 МВт.

Технические характеристики преобразователя

Диапазон регулирования:		
выходного напряжения, В		от 0 до 690
выходной частоты, Гц		от 0 до 100
Максимальный потребляемый рабочий фазный ток, А	960	
Климатическое исполнение		ОМ4
Степень защиты		IP24

Разработанный преобразователь частоты представляет собой универсальную расширяемую платформу, построенную с применением современной элементной базы и цифровых технологий обработки информации.

Микропроцессорная система регулирования, построенная на базе DSP- (digital signal processor) и PLD-технологий (programmable logic device), обеспечивает управление асинхронным двигателем, а именно:

- обработку задания на скорость без перерегулирования и статической ошибки вплоть до нулевой скорости;
- плавное регулирование скорости двигателя в диапазоне от 0 до 1000 об/мин;

ОАО «НОВАЯ ЭРА»: НА ПУТИ К ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЮ

В. И. Вершинин, канд. техн. наук, доцент Национального минерально-сырьевого университета «Горный»,
А. Н. Богданов, инженер ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 610 0255

- поддержание на валу заданного крутящего момента;
- ограничение минимального момента на валу в соответствии с заданием от системы управления;
- ограничение темпа разгона и торможения электродвигателя;

Для отработки конструктивных и схмотехнических решений, а также программного обеспечения силами специалистов предприятия был создан многоцелевой испытательный стенд, предназначенный для питания, управления, диагностики и защиты нагрузочных испытуемых устройств, таких как преобразователи частоты и электродвигатели.

Состав оборудования стенда: трансформатор преобразовательный, блок тормозных резисторов, трехфазный моторный дроссель, асинхронный электродвигатель (2 шт.).

После завершения полного цикла испытаний и отработки алгоритмов управления опытный образец многоинверторного преобразователя частоты производства ОАО «Новая ЭРА» может найти применение на отечественных судах различных типов и назначений с полным или частичным электродвижением.

Дальнейшее совершенствование опытного образца преобразователя частоты позволяет специалистам ОАО «Новая ЭРА» отработать технологию изготовления электропривода, также открывает возможность углубленно исследовать составные части электропривода для электродвижения в условиях испытательного стенда, приближенных к реальным в части энергопотребления механических нагрузок и электромагнитной совместимости. ■



- | | |
|----------------------------------|---|
| Трансформатор преобразовательный | 1 |
| Выпрямитель двенадцатипульсный | 2 |
| Инвертор трехфазный | 3 |
| Резистор тормозной | 4 |

Общий вид многоинверторного преобразователя частоты

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБЪЕМНЫХ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТОВ

В. Ю. Макаров, зам. директора,
П. В. Наливкин, начальник инженерного центра,
С. К. Шин, вед. конструктор, ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048

Под пористой средой обычно понимают твердое тело, содержащее поры. Дать точное геометрическое определение понятия «поры» довольно трудно. Обычно под порами понимают пустые промежутки, распределенные в твердом теле. Поры в пористом теле могут быть сообщающимися друг с другом и не сообщающимися. Иногда взаимосоединяющуюся часть порового пространства называют эффективным. Этот термин широко применяется в теории фильтрации.

Пористость Π_v обычно определяется как соотношение объема пор $V_{пор}$ к объему тела $V_{тел}$ ($\Pi_v = V_{пор}/V_{тел}$). Наряду с объемной пористостью вводится понятие «поверхностная пористость», или «просветность» Π_s как отношение эффективной площади пор $A_{пор}$ к общей площади поверхности $A_{тел}$ ($\Pi_s = A_{пор}/A_{тел}$). Поверхностная пористость Π_s иногда называется просветом. В первом приближении можно считать $\Pi_v = \Pi_s = \Pi$.

Средняя аксиальная скорость v_a частиц жидкости через пористое тело равна отношению объемного потока V_f к площади пор:

$$v_a = \frac{V_f}{A_{пор}} = \frac{V_f}{\Pi_s A_{тел}} = \frac{v_m}{\Pi_s};$$

где v_m – средняя линейная скорость потока жидкости.

Как известно, перепад давления в пористом теле описывается формулой Кармана–Козени

$$\Delta p = k_0 \frac{S_v^2}{\Pi_v^3} \left(\frac{l_e}{l} \right)^2 \eta' v_m l = k \frac{S_v^2}{\Pi_v^3} \eta' v_m l,$$

где $k = k_0 (l_e/l)^2$.

В теории фильтрации уравнение Кармана–Козени часто пишут в виде

$$v_m = \frac{K_\phi \Delta p}{\eta l},$$

где коэффициент K_ϕ , имеющий размерность площади, называют «проницаемостью», он равен

$$K_\phi = \frac{1}{k} \frac{\Pi^3}{S_v^2} \approx \frac{\Pi^3}{5S_v^2}.$$

Здесь S_v – полная поверхность пор в единице объема.

Это уравнение применимо для вязкого потока при малых числах

$$\text{Re} \left(\text{Re} \frac{v_m d_s}{\nu} \right).$$

Используя понятие коэффициента трения уравнение Кармана–Козени, можно написать так:

$$3C_f \xi \frac{(1-\Pi)^2}{\Pi^3} \frac{l}{d_s} = 180 \xi^2 \frac{(1-\Pi)^2}{\Pi^3} \frac{l}{d_s} \left(\frac{v}{v_m d_s} \right).$$

Отсюда получим

$$C_f = \frac{40}{\text{Re}'}$$

Данная формула подтверждается экспериментально для некоторых пористых тел в области малых критериев Рейнольдса (область ламинарного

движения). Скорость течения жидкости через пористое тело (скорость фильтрации) прямо пропорциональна градиенту давления ($\Delta p/l$). Это соотношение является частным случаем общего закона фильтрации Дарси (стационарная фильтрация под влиянием постоянного градиента давления при постоянном гравитационном давлении).

На основе этого соотношения определяют коэффициент проницаемости K_ϕ : $K_\phi = d_{sm}^2 k_0 (D, \Pi)$.

Рассмотрим объемный фильтроэлемент, применяемый в блоках сепарации производства ООО «Винета» (рис. 1).

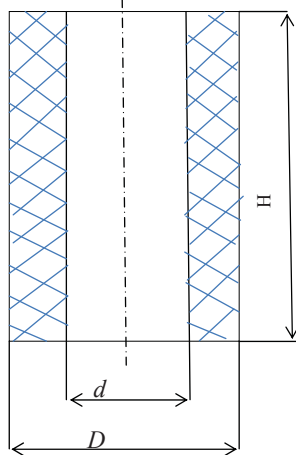


Рис. 1. Геометрические характеристики фильтроэлемента
 $H = 300 \text{ мм}; D = 160 \text{ мм}; d = 54 \text{ мм}$

Кажущаяся плотность

$$\rho_k = 90 \div 140 \text{ кг/м}^3.$$

Для определения коэффициента K_ϕ для воды при 20°C воспользуемся формулой

$$K_\phi = \frac{v_m \eta l}{\Delta p},$$

где η – коэффициент динамической вязкости для воды при 20°C , равный $1004 \times 10^{-6} \text{ нс/м}^2$; v_m – средняя линейная скорость потока жидкости, отнесенная к эффективности площади пор,

$$v_m = \frac{V}{S_{внутр}},$$

где V – расход, $\text{м}^3/\text{с}$; $S_{внутр}$ – эффективная площадь пор, равная $S_{внутр} = \Pi \cdot \pi (D - d) \cdot H$; Π – пористость материала, значение которой определяют экспериментально следующим образом:

$$V_\phi = \pi \left(\frac{D^2 - d^2}{4} \right) \cdot H.$$

Подставляя значения геометрических размеров, получаем

$$V_\phi = 3,14 \left(\frac{0,0256 - 0,003}{4} \right) \cdot 0,3 = 0,0053 \text{ м}^3.$$

Средний вес фильтроэлемента:

$$M_\phi = \zeta_k \cdot V_\phi, \text{ т.е.} \\ M_\phi = \left(\frac{90 + 140}{2} \right) \cdot 0,0053 = 0,61 \text{ кг}.$$

Масса фильтроэлемента после выдержки в воде в течение 15 мин. составила $M_\phi^1 = 1,09 \text{ кг}$.

Учитывая, что $M_\phi^1 = M_\phi + M_{вп}$, где $M_{вп}$ – масса воды в порах, получаем

$$M_{вп} = M_\phi^1 - M_\phi = 0,48 \text{ кг},$$

или $V_{вп} = 0,0048 \text{ м}^3$, откуда

$$\Pi = \frac{V_{вп}}{V_\phi} = 0,91.$$

Вычисляем необходимые значения параметров для определения K_ϕ :

$$S_{внутр} = 0,91 \cdot 3,14 (0,16 - 0,0054) \cdot 0,3 = 0,091 \text{ м}^2.$$

Расход через фильтроэлемент

$$v = 1 \text{ м}^3/\text{ч} \Rightarrow 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v_m = \frac{2,8 \cdot 10^{-4}}{0,091} = 0,0031 \text{ м/с}.$$

Перепад давления на чистом фильтроэлементе из экспериментальных данных

$$\Delta p = 0,01 \text{ Н/м}^2;$$

толщина стенки $l = 0,053 \text{ м}$.

Таким образом, коэффициент проницаемости

$$K_\phi = \frac{0,0031 \cdot 1004 \cdot 10^{-6} \cdot 0,053}{0,01} \approx 16,40 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2.$$

Понизив значение коэффициента проницаемости, можно по известным формулам рассчитать значение перепада давления при различных расходах и определить грязеемкость фильтроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстратова К.И., Кунина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа. – 1990.
2. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Физическая химия. – М.: Изд-во МГУ. 1986.
3. Рубцов В.И., Ковжого С.А. Практические работы по физической химии. Ч.1. – Харьков: Изд. ХВУ. 1996. ■

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на судах и кораблях сдерживается единственной причиной – отсутствием надежных средств их посадки. Достоинства способа посадки БПЛА на выдвигающуюся за борт судна кран-балку [1]: оперативность «развертывания» и «свертывания», возможность использования для БПЛА различного типа, пригодность к размещению на судах любого класса, минимальное дополнительное оборудование на судне и БПЛА.

Судовое оборудование включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора управления, аппаратуру связи носителя с БПЛА, а также пусковое и посадочное устройства БПЛА.

Важнейшее условие безаварийной посадки – точность обработки программного движения БПЛА, пространственной стабилизации посадочного устройства на судне или точность прогноза его положения в момент сцепления с БПЛА. Внешними условиями, оказывающими определяющее влияние на точность заданного программой траектории сближения БПЛА с судном, являются возмущение атмосферы, вызванные ветровыми порывами и движением судна. Волнение морской поверхности оказывает влияние на бортовую систему БПЛА, которая обеспечивает заданную высоту полета, и на качку судна, которая влияет на линейное и угловое смещение посадочного устройства.

Задача предлагаемой системы поддержки принятия решения (СППР) – выбор варианта «сухой» или «мокрой» посадки на основе анализа в режиме реального времени внешних условий и динамики движения БПЛА и судна. Если «сухая» посадка невозможна, оператору необходимо своевременно принять решение о повторном заходе БПЛА на посадку или использовать аварийную посадку на водную поверхность при помощи парашюта.

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ БПЛА В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПОСАДКЕ

СППР посадки БПЛА на движущееся судно сопровождает его на всех этапах движения после запуска, используя информацию навигационных и других приборов бортовой системы управления, передаваемую на судно по радиосвязи.

Если после старта выявляется неисправность целевой аппаратуры или невозможность ее использовать в силу внешних условий, необходимо возвратить БПЛА на судно.

Во время выполнения БПЛА мониторинга поверхности, первой задачей СППР посадки является контроль возможности возвращения БПЛА на судно-носитель при имеющемся запасе горючего на борту.

Для решения этой задачи определяется траектория движения в земной системе географических координат с учетом текущих координат и параметров движения обоих объектов – БПЛА (λ_A, φ_A) и судна-носителя (λ_C, φ_C), обеспечивающая минимальный путь. Примеры расчета оптимальной траектории минимальной длины с минимально необходимым запасом горючего при ограничении на допустимую перегрузку и управляющие моменты рулевых органов приведены в [1].

Если требуемый запас горючего Q_{\min} для реализации минимальной длины траектории сближения меньше имеющегося на борту Q_A летательного аппарата, то возвращение БПЛА возможно. По мере уменьшения разницы $Q_A - Q_{\min}$ и приближения ее к нулю необходимо возвращать БПЛА на судно или изменять курс движения судна и (или) БПЛА для уменьшения длины траектории возврата и требуемой величины Q_{\min} . Это является хронологической *первой рекомендацией СППР оператору* судового комплекса мониторинга на базе БПЛА.

Длина минимального пути возвращения определяется с учетом маневров разворота БПЛА и подхода к посадочному уст-

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ПОСАДКЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ДВИЖУЩЕЕСЯ СУДНО

С. Н. Шаров, д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН, гл. науч. сотрудник ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», контакт. тел. (812) 578 9823

ройству судна с нужной стороны. При этом автономный полет БПЛА должен быть достаточно точным для обнаружения судна и определения координат захватного приспособления бортовой системой управления БПЛА. Реализация траектории возврата обеспечивает приведение БПЛА в зону, по дистанции и угловым координатам достаточную для обнаружения и сопровождения его судовым координатором, с целью точного приведения его на посадочное устройство. Расчетная точка местонахождения судна в момент прихода на посадку БПЛА определяется с учетом особенностей движения судна и ветровых возмущений.

Погрешность реализации этой траектории в точке обнаружения и «захвата» БПЛА судовой системой на сопровождение под действием случайных факторов внешней среды и внутренних помех в бортовой аппаратуре будет определять начальное рассогласование для приведения БПЛА к устройству зацепления.

Обозначим координаты этой точки $A_0 (X_{\text{тр}}, Y_{\text{тр}}, Z_{\text{тр}})$ как начальные условия для следующего этапа движения БПЛА, где происходит точное приведение БПЛА к зацепу посадочного устройства. Учитывая небольшие расстояния (не более 2–3 км) этого этапа, дальнейший анализ сближения БПЛА с посадочным устройством будем проводить в декартовой системе координат с центром в точке прицеливания посадочного устройства при отсутствии качки судна, являющейся центром зоны посадочного устройства, в которой обеспечивается безаварийная посадка (сцепление БПЛА с посадочным устройством).

С учетом множества независимых факторов, влияющих на параметры движения, положение БПЛА относительно посадочного устройства, включая путевую скорость V_A и тракторные углы $\psi_{\text{тр}}$ и $\vartheta_{\text{тр}}$, движение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно представить следующими выражениями:

$$\begin{aligned} X_A &= X_{\text{тр}} - X_{\text{п}} + \Delta X; Y_A = Y_{\text{тр}} - Y_{\text{п}} + \Delta Y; Z_A = Z_{\text{тр}} - Z_{\text{п}} + \Delta Z; \\ \psi_A &= \psi_{\text{тр}} - \psi_{\text{п}} + \Delta\psi; \vartheta_A = \vartheta_{\text{тр}} - \vartheta_{\text{п}} + \Delta\vartheta; \gamma_A = \Delta\gamma; \\ V_A &= V_{\text{тр}} - V_{\text{п}} + \Delta V, \end{aligned} \quad (1)$$

где обозначены индексами «А» – параметры БПЛА в координатах относительно посадочного устройства, «тр» – параметры траектории БПЛА в момент «захвата» судовой системой сопровождения, «п» – параметры движения посадочного устройства; $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta\psi, \Delta\vartheta, \Delta\gamma, \Delta V$ – погрешности реализации программной траектории в момент «захвата» БПЛА судовой системой сопровождения.

В системе координат с центром на зацепе посадочного устройства (точка прицеливания БПЛА для посадки) примем $X_{\text{п}} = 0, Y_{\text{п}} = 0, Z_{\text{п}} = 0, \psi_{\text{п}} = 0, \vartheta_{\text{п}} = 0$ и $V_{\text{п}}$ равна путевой скорости движения судна.

Для идеальной траектории возвращения в точке A_0 : $X_{\text{тр}} = X_{\text{пр}}, Y_{\text{тр}} = Y_{\text{пр}}, \vartheta_{\text{тр}} = \vartheta_{\text{пр}}$, и $V_{\text{тр}}$ постоянные величины, заданные программой (обозначены индексом «пр»), $Z_{\text{пр}} = 0, \psi_{\text{пр}} = 0$ и $\gamma_{\text{пр}} = 0$.

Начальные рассогласования (при $t = 0$) на участке точного приведения БПЛА к посадочному устройству определяются из (1)

$$\begin{aligned} X_{A_0} &= X_{np} + \Delta X; Y_{A_0} = Y_{np} + \Delta Y; Z_{A_0} = Z_{np} + \Delta Z; \\ \psi_{A_0} &= \psi_{np} + \Delta\psi; \vartheta_{A_0} = \vartheta_{np} + \Delta\vartheta; \gamma_{A_0} = \gamma_{np} + \Delta\gamma; \\ V_{A_0} &= V_{np} + \Delta V. \end{aligned} \quad (2)$$

Для принятия решения о возможности «сухой» посадки БПЛА по результатам обнаружения БПЛА и измерения параметров его движения СППР необходимо оценить возможность достижения конечного результата – точного приведения БПЛА к посадочному устройству.

Движение БПЛА на участке приведения к посадочному устройству заканчивается в момент сцепления с посадочным устройством $t = t_k$, который определяется из условия $X_A(t_k) = 0$ в системе координат с центром в точке прицеливания посадочного устройства. Остальные параметры движения БПЛА должны удовлетворять условию отклонений от идеальных значений, допустимых конструкцией посадочного устройства, т.е.

$$\begin{aligned} Y_A(t_k) &\leq \Delta_{ky}; Z_A(t_k) \leq \Delta_{kz}; \psi_A(t_k) \leq \Delta_{k\psi}; \vartheta_A(t_k) \leq \Delta_{k\vartheta}; \\ \gamma_A(t_k) &\leq \Delta_{k\gamma}; \\ V_A(t_k) - V_{\Pi}(t_k) &\leq V_{\text{пос}} + \Delta_{kv}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $V_{\text{пос}}$ – среднее расчетное значение посадочной скорости БПЛА; $\Delta_{ky}, \Delta_{kz}, \Delta_{k\psi}, \Delta_{k\vartheta}, \Delta_{kv}$ – допустимые погрешности линейных и угловых координат, а также посадочной скорости БПЛА для безаварийного сцепления БПЛА с посадочным устройством.

Например, для посадочного устройства [1]

$$\Delta_{ky} = \Delta_{kz} = \pm 0,1 \text{ м}, \Delta_{k\psi} = \Delta_{k\vartheta} = \Delta_{k\gamma} = \pm 5^\circ, \Delta_{kv} = \pm 0,25 V_{\text{пос}}.$$

Модель движения БПЛА на этом этапе в принятой системе координат приближенно описывается, например, следующей системой уравнений [2]:

$$\begin{aligned} m(\dot{V}_x + \omega_y V_z - \omega_z V_y) &= F_T \cos\vartheta \cos\beta - mg \sin\vartheta - C_x V_x + W_x; \\ m(\dot{V}_y + \omega_z V_x - \omega_x V_z) &= F_T \sin\vartheta \cos\beta - mg \cos\vartheta \cos\gamma - \\ &\quad - C_y V_y + W_y; \\ m(\dot{V}_z + \omega_x V_y - \omega_y V_x) &= F_T \sin\vartheta \cos(\beta + \psi - \psi_3) - \\ &\quad - mg \cos\vartheta \sin\gamma - C_z V_z + W_z; \\ V_x &= V_A \cos\alpha \cos\beta; V_y = -V_A \sin\alpha \cos\beta; V_z = V_A \sin\beta; \\ \dot{X} &= V_x; \dot{Y} = V_y; \dot{Z} = V_z; \\ J_x \dot{\omega}_x + (J_z - J_y)\omega_y \omega_z + M_{\omega x} &= k_x \delta_x; \\ J_y \dot{\omega}_y + (J_x - J_z)\omega_x \omega_z + M_{\omega y} &= k_y \delta_y; \\ J_z \dot{\omega}_z + (J_y - J_x)\omega_x \omega_y + M_{\omega z} &= k_z \delta_z; \\ \dot{\vartheta} &= \omega_y \sin\gamma + \omega_z \cos\gamma; \dot{\gamma} = \omega_x + \text{tg}\vartheta (\omega_z \sin\gamma - \omega_y \cos\gamma); \\ \dot{\psi} &= (\omega_y \cos\gamma - \omega_z \sin\gamma) / \cos\vartheta; \\ \delta_x &= k_{1\gamma}(\gamma_3 - \gamma) + k_{2\gamma} \dot{\gamma} + k_{3\gamma} \psi + k_{4\gamma} \omega_\psi + k_{5\gamma} Y; \\ \delta_y &= k_{1\psi}(\psi_3 - \psi) + k_{2\psi} \dot{\psi} + k_{3\psi}(Z_3 - Z) + k_{4\psi} V_z + k_{5\psi} \gamma; \\ \delta_z &= k_{1\vartheta}(\vartheta_3 - \vartheta) + k_{2\vartheta} \dot{\vartheta} + k_{3\vartheta}(Y_3 - Y) + k_{4\vartheta} V_y + k_{5\vartheta} \gamma; \\ \vartheta &= \theta + \alpha, \end{aligned} \quad (4)$$

где m – масса БПЛА; F_T – сила тяги двигателя; J_x, J_y, J_z – моменты инерции БПЛА относительно главных осей; V_x, V_y, V_z и $\dot{V}_x, \dot{V}_y, \dot{V}_z$ – проекции скорости и ускорения БПЛА на координатные оси X, Y, Z ; ψ, ϑ – направление полета БПЛА в горизонтальной и вертикальной плоскостях; γ – угол крена; θ – угол наклона траектории; α, β – углы атаки и скольжения; $\psi_3, \vartheta_3, \gamma_3, Y_3, Z_3$ – заданные (программными значениями или положением посадочного устройства) направления полета, координаты точки прицеливания БПЛА при $t=0$; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ и $\dot{\omega}_x, \dot{\omega}_y, \dot{\omega}_z$ – угловые скорости и ускорения поворота вокруг главных осей; C_x, C_y, C_z – коэффициенты сопротивления соответствующим линейным движениям БПЛА; $M_{\omega x}, M_{\omega y}, M_{\omega z}$ – моменты сопротивления соответствующим угловым движениям БПЛА; W_x, W_y, W_z – проекции силы ветра на оси X, Y, Z ; $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ – углы поворота рулей управления для изменения углов γ, ψ, ϑ ; k_1, k_2, k_3 – коэффициенты связи управляющих моментов с углами поворота рулей; $k_{1\gamma}, k_{2\gamma}, k_{3\gamma}, k_{4\gamma}, k_{5\gamma}$ – коэффициенты участия параметров $\gamma, \omega_\psi, \psi, \omega_\psi$ и Y в формировании сигналов δ_x управления элеронами БПЛА; $k_{1\psi}, k_{2\psi}, k_{3\psi}, k_{4\psi}, k_{5\psi}$ – коэффициенты участия параметров $\psi, \omega_\psi, Z, \dot{V}_z$ и γ в формировании сигналов δ_y управления рулями направления БПЛА; $k_{1\vartheta}, k_{2\vartheta}, k_{3\vartheta}, k_{4\vartheta}, k_{5\vartheta}$ – коэффициенты участия параметров $\vartheta, \omega_\psi, Y, \dot{V}_y$

и γ в формировании сигналов δ_z управления высотой БПЛА.

Интегрируя систему (4) с начальными условиями, соответствующими параметрам БПЛА на этапе программного движения к посадочному устройству в точке $A_0(t=0)$ (X_{tr}, Y_{tr}, Z_{tr}), и предельными значениями погрешностей (2), определяем значение параметров движения БПЛА $X_A, Y_A, Z_A, \psi_A, \vartheta_A, \gamma_A, V_A - V_{\text{пос}}$ в момент $t = t_k$. Если значения этих параметров удовлетворяют всем условиям (3), то обеспечивается «сухая» посадка БПЛА.

Решая обратную задачу, можно определить зону пространства параметров БПЛА в точке A_0 , в которой принимается решение о возможности безаварийной посадки пока на неподвижный, в принятой системе координат, носитель.

Важно отметить, что начальные рассогласования по величинам $\Delta Y, \Delta Z, \Delta\psi, \Delta\vartheta$ на порядок и более превосходят допустимые конструкцией посадочного устройства значения $\Delta_{ky}, \Delta_{kz}, \Delta_{k\psi}, \Delta_{k\vartheta}$, т.е. переходные процессы отработки начальных рассогласований должны затухнуть.

Реальный переходный процесс устойчивой системы управления движения БПЛА во временной области описывается в линейном приближении совокупностью затухающих экспоненциальных и колебательных процессов. Это справедливо при малых отклонениях от заданных достигаемых значений. Если длительность переходного процесса $T_{\text{ин}}$ определяется огибающей экспонентой с наименьшим затуханием $\xi(1/c)$, то требуемое время t_{ξ} для снижения БПЛА определяется соотношением

$$t_{\xi} = (1/\xi_Y) \ln(\Delta_{ky}/\Delta Y), \quad (5)$$

где ξ_Y – коэффициент затухания переходного процесса снижения БПЛА до высоты точки прицеливания на посадочном устройстве. Величина ξ зависит от параметров БПЛА, начальных условий маневра и закона управления рулевыми органами.

Аналогично определяется время t_{kz} для отработки бокового отклонения, время $t_{k\vartheta}$ достижения требуемого угла наклона траектории в вертикальной плоскости и время $t_{k\psi}$ выхода на курс судна.

Длительность $T_{\text{ин}}$ принимается равной наибольшему значению из $t_{ky}, t_{kz}, t_{k\vartheta}, t_{k\psi}$.

Дистанция, требуемая для завершения переходного процесса $D_{\text{ин}}$:

$$D_{\text{ин}} = (V_A - V_{\text{пос}}) T_{\text{ин}} / \cos\psi_{\text{AT}} \cos\vartheta_{\text{AT}} \quad (6)$$

где ψ_{AT} и ϑ_{AT} – углы отклонения БПЛА от точки прицеливания посадочного устройства, измеряемые, например, телевизионным каналом; $V_A - V_{\text{пос}}$ – скорость сближения БПЛА и судна.

Если дистанция обнаружения БПЛА меньше $D_{\text{ин}}$, то «сухая» посадка недопустима даже при идеальной стабилизации положения судового посадочного устройства.

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ СУДНА В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПОСАДКЕ

В общем случае при качке колебания судна содержат следующие составляющие [3]:

$$\left. \begin{aligned} \text{бортовая качка } \gamma_{\text{кч}} &= \gamma_m \sin(\omega_\gamma t + \varphi_\gamma) + s_\gamma(t), \\ \text{килевая качка } \vartheta_{\text{кч}} &= \vartheta_m \sin(\omega_\vartheta t + \varphi_\vartheta) + s_\vartheta(t), \\ \text{колебания рыскания судна} \\ \psi_{\text{кч}} &= \psi_m \sin(\omega_\psi t + \varphi_\psi) + s_\psi(t), \\ \text{вертикальные колебания центра масс судна} \\ h_{\text{кч}} &= h_m \sin(\omega_h t + \varphi_h) + s_h(t), \\ \text{боковые колебания судна} \\ z_{\text{кч}} &= z_m \sin(\omega_z t + \varphi_z) + s_z(t), \\ \text{продольные колебания скорости судна} \\ V_{\text{кч}} &= \Delta V_m \sin(\omega_v t + \varphi_v) + s_v(t), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где: $\gamma_m, \vartheta_m, \psi_m, h_m, z_m$ – амплитуды угловых и линейных колебаний судна; ΔV_m – амплитуда колебаний скорости движения судна; $\omega_\gamma, \omega_\vartheta, \omega_\psi, \omega_h, \omega_z, \omega_v$ – частоты колебаний; $\varphi_\gamma, \varphi_\vartheta, \varphi_\psi, \varphi_h, \varphi_z, \varphi_v$ – фазовые углы, соответствующие начальному моменту времени t_0 наблюдения колебаний; $s_\gamma(t), s_\vartheta(t), s_\psi(t), s_h(t), s_z(t), s_v(t)$ – случайные составляющие, обусловленные нестационарностью волнения морской поверхности.

Посадочное устройство (точка прицеливания БПЛА) пере-

мещается относительно своего статического (без качки и хода судна) положения (принятого за ноль системы координат в предыдущем разделе) в горизонтальной $Z_{\text{кч}}(t)$, вертикальной $Y_{\text{кч}}(t)$ и продольной $X_{\text{кч}}(t)$ плоскостях под действием качки судна.

$$\left. \begin{aligned} Z_{\text{кч}}(t) &= R_{\gamma}(\cos\gamma_0 - \cos(\gamma_0 - \gamma(\omega_{\gamma}t + \varphi_{\gamma}))) + \\ &+ R_{\psi}(\cos\psi_0 - \cos(\psi_0 + \psi(\omega_{\psi}t + \varphi_{\psi}))) + \\ &+ z_m \sin(\omega_z t + \varphi_z) + s_z(t); \\ Y_{\text{кч}}(t) &= R_{\gamma}(\sin\gamma_0 - \sin(\gamma_0 - \gamma(\omega_{\gamma}t + \varphi_{\gamma}))) + \\ &+ R_{\vartheta}(\sin\vartheta_0 - \sin(\vartheta_0 + \vartheta(\omega_{\vartheta}t + \varphi_{\vartheta}))) + \\ &+ h_m \sin(\omega_h t + \varphi_h) + s_y(t); \\ X_{\text{кч}}(t) &= R_{\psi}(\sin\psi_0 - \sin(\psi_0 + \psi(\omega_{\psi}t + \varphi_{\psi}))) + \\ &+ \int \Delta V_m \sin(\omega_{\psi}t + \varphi_{\psi}(t=0))dt + s_x(t), \end{aligned} \right\} (8)$$

где $R_{\gamma}, R_{\psi}, R_{\vartheta}$ – расстояния точки прицеливания до осей колебаний судна, соответствующие радиусам колебаний по углам γ, ϑ, ψ ; $\gamma_0, \psi_0, \vartheta_0$ – углы наклона $R_{\gamma}, R_{\psi}, R_{\vartheta}$ при отсутствии качки; h_m, z_m – амплитуды гармонических колебаний точки прицеливания посадочного устройства в горизонтальной и вертикальной плоскостях; $R_{\gamma}, R_{\psi}, R_{\vartheta}, \gamma_0, \psi_0, \vartheta_0$ – постоянные величины, определяемые конструкцией судна, его текущей загрузкой и расположением на нем кран-балки с посадочным устройством.

Принимаем жестким крепление посадочного устройства к кран-балке и крепление кран-балки к судну. В этом случае угловые колебания посадочного устройства соответствуют колебаниям качки судна (7): $\gamma_{\text{ПВ}} = \gamma_{\text{кч}}, \vartheta_{\text{ПВ}} = \vartheta_{\text{кч}}, \psi_{\text{ПВ}} = \psi_{\text{кч}}$, а колебания в горизонтальной и вертикальной плоскостях $Z_{\text{ПВ}} = Z_{\text{кч}}, Y_{\text{ПВ}} = Y_{\text{кч}}$ соответствуют уравнениям (8).

Особенностью (8) является нелинейная зависимость смещения захватного устройства по осям X, Y, Z .

Если навигационная система судна обеспечивает в текущем времени измерения переменных параметров качки судна (значения амплитуды, частоты и фазы (7) каждой из гармоник), а значения постоянных конструктивных параметров судна $R_{\gamma}, R_{\psi}, R_{\vartheta}, \gamma_0, \psi_0, \vartheta_0$ известны, то соотношения (8) определяют смещение захватного устройства $Z_{\text{кч}}(t), Y_{\text{кч}}(t)$ и $X_{\text{кч}}(t)$ в вертикальной, горизонтальной и продольной плоскостях.

В условиях регулярной качки максимальные значения случайных составляющих $s_{\gamma}, s_{\vartheta}, s_{\psi}, s_x, s_y, s_z, s_{\psi}$ малы по сравнению с амплитудами основных гармоник (7). Смещение захватного устройства $Z_{\text{кч}}(t)$ и $Y_{\text{кч}}(t)$ в условиях регулярной качки определяется суммой трех гармонических составляющих, а угловые смещения соответственно $\gamma_{\text{кч}}, \vartheta_{\text{кч}}, \psi_{\text{кч}}$.

Если момент времени $t_{\text{к}}$ при котором БПЛА достигнет посадочного устройства, не определен, то условие безаварийной посадки (3) при идеальной траектории сближения примет вид

$$\left. \begin{aligned} \max Y_{\text{кч}} \leq \Delta_{\text{кч}}; \max Z_{\text{кч}} \leq \Delta_{\text{кч}}; \psi_m \leq \Delta_{\text{кч}}; \vartheta_m \leq \Delta_{\text{кч}}; \\ \gamma_m \leq \Delta_{\text{кч}}; V_A - V_{\text{ПВ}} \pm \Delta V_m \leq V_{\text{пос}} + \Delta_{\text{кч}} \end{aligned} \right\} (9)$$

Условия (9) могут выполняться при малых углах качки (амплитуда до $\leq 5^\circ$) в части угловых смещений и для линейных смещений ($\max Y_{\text{кч}} \geq \Delta_{\text{кч}}, \max Z_{\text{кч}} \geq \Delta_{\text{кч}}$, соответствующих угловой амплитуде до $\approx 1^\circ$) без учета влияния случайной составляющей.

Навигационная система судна определяет параметры качки (7), что позволяет заранее определить (прогнозировать) значение $Y_{\text{кч}}(t_{\text{к}}), Z_{\text{кч}}(t_{\text{к}}), \vartheta_{\text{кч}}(t_{\text{к}}), \gamma_{\text{кч}}(t_{\text{к}})$, а также максимальные или средние значения случайных составляющих $s_{\gamma}, s_{\vartheta}, s_{\psi}, s_x, s_y, s_z, s_{\psi}$, которые включают в себя и погрешности измерения.

При реализации наведения БПЛА в прогнозируемое положение посадочного устройства условия безаварийной «сухой» посадки в детерминированном виде:

$$\left. \begin{aligned} (Y_A(t_{\text{к}}) - Y_{\text{кч}}(t_{\text{к}})) + \max(s_{\gamma}) \leq \Delta_{\text{кч}}; (Z_A(t_{\text{к}}) - \\ - Z_{\text{кч}}(t_{\text{к}})) + \max(s_z) \leq \Delta_{\text{кч}}; \\ (\psi_A(t_{\text{к}}) - \psi_{\text{кч}}(t_{\text{к}})) + \max(s_{\psi}) \leq \Delta_{\text{кч}}; \\ (\vartheta_A(t_{\text{к}}) - \vartheta_{\text{кч}}(t_{\text{к}})) + \max(s_{\vartheta}) \leq \Delta_{\text{кч}}; \\ (V_A(t_{\text{к}}) - \gamma_{\text{кч}}(t_{\text{к}})) + \max(s_{\gamma}) \leq \Delta_{\text{кч}}; \\ V_A(t_{\text{к}}) - V_{\text{ПВ}}(t_{\text{к}}) - V_{\text{кч}}(t_{\text{к}}) + \max(s_v) \leq V_{\text{пос}} + \Delta_{\text{кч}} \end{aligned} \right\} (10)$$

Отметим, что в условии (10) $t_{\text{к}}$ – известная величина, грубо определяемая отношением измеряемых одновременно дистанции и скорости сближения БПЛА с судном. Поскольку траектория сближения БПЛА до последних метров отличается от прямой, целесообразно уточнять значение $t_{\text{к}}$ и соответствующие ему прогнозируемые параметры БПЛА и положения посадочного устройства судна, например, на дистанции $0,3D_{\text{пт}}$, после которой траектория сближения близка к прямолинейной.

Дальнейшее уточнение условий (10) возможно, если анализ процессов качки позволит прогнозировать $s_{\gamma}(t_{\text{к}}), s_{\vartheta}(t_{\text{к}}), s_{\psi}(t_{\text{к}}), s_x(t_{\text{к}})$ и вычислять $s_y(t_{\text{к}}), s_z(t_{\text{к}}), s_v(t_{\text{к}})$.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕШАЮЩЕГО ПРАВИЛА И ОЦЕНКА РИСКА

Решающее правило (10) является строгим и не позволяет оценить риск неудачной посадки, полагая его отсутствие.

Для примера рассмотрим первое из неравенств (10), оценивающее допустимый промах по высоте. Здесь $Y_A(t_{\text{к}})$ – промах по высоте приведения БПЛА в заданную неподвижную точку. Это случайная величина, зависящая от многих факторов: соответствие конструктивных параметров модели (4) их расчетным (проектным) значениям, погрешностям измерителей бортовых навигационных приборов, состояния поверхности моря и ветровых возмущений. Множество независимых факторов, влияющих на величину промаха $Y_A(t_{\text{к}})$, определили его закон распределения как близкий к нормальному. Характеристику промаха принято оценивать среднеквадратической ошибкой $\sigma_{\text{Ав}}$, определяемой, например, статистическим моделированием системы уравнений (4).

Прогнозируемое смещение точки прицеливания $Y_{\text{кч}}(t_{\text{к}})$ (8) зависит от конструктивных параметров судна $R_{\gamma}, R_{\psi}, R_{\vartheta}, \gamma_0, \vartheta_0$, измеряемых навигационных параметров $\omega_{\gamma}, \omega_{\vartheta}, \omega_{\psi}, \gamma(t), \vartheta(t), \varphi_{\gamma}(t), h(t)$ и вычисляемых параметров $\varphi_{\gamma}, \varphi_{\vartheta}, \varphi_{\psi}, s_{\gamma}(t)$. Все указанные параметры имеют свои погрешности измерения и вычисления со своими известными законами распределения. Статистическое моделирование формулы (8) позволит определить среднеквадратическую погрешность $\sigma_{\text{Пв}}$, используя известные законы распределения погрешностей измерителей.

Наибольшую сложность представляет оценка погрешности s_{γ} , определяемой составляющими случайных процессов $s_{\gamma}, s_{\vartheta}, s_{\psi}$, которые зависят от доминирования основных гармоник колебаний судна (7), параметров волнения морской поверхности, ветра, курса и скорости движения судна.

Существует ряд методов прогнозирования параметров качки как случайного процесса. В простейшем случае, наблюдая процесс изменения величин $s_{\gamma}, s_{\vartheta}, s_{\psi}$, определяются среднеквадратические $\sigma_{\gamma}, \sigma_{\vartheta}, \sigma_{\psi}$ и максимальные $\Delta_{\gamma}, \Delta_{\vartheta}, \Delta_{\psi}$ отклонения от основной гармоники колебаний, при помощи которых находятся среднеквадратические отклонения $\sigma_{s_{\gamma}}$ и максимальные значения изменения i -й координаты посадочного устройства $\Delta_{s_{\gamma}}$. Аналитически оценить их величину можно, линеаризуя уравнения (8), например:

$$\left. \begin{aligned} \Delta s_{\gamma} &= \frac{\partial Y_{\text{кч}}}{\partial \gamma} \Big|_{t_{\text{к}}} \Delta_{\gamma} + \frac{\partial Y_{\text{кч}}}{\partial \vartheta} \Big|_{t_{\text{к}}} \Delta_{\vartheta} + \Delta_{\text{н}}; \\ \sigma s_{\gamma} &= \sqrt{\left(\frac{\partial Y_{\text{кч}}}{\partial \gamma} \Big|_{t_{\text{к}}} \sigma_{\gamma}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y_{\text{кч}}}{\partial \vartheta} \Big|_{t_{\text{к}}} \sigma_{\vartheta}\right)^2 + \sigma_{\text{н}}^2}. \end{aligned} \right\} (11)$$

Найденные значения σs_{γ} и Δs_{γ} для момента времени $t_{\text{к}}$ используются в неравенствах (10).

Важно отметить, что анализировать параметры качки и отклонение их основных гармоник $s_{\gamma}, s_{\vartheta}, s_{\psi}, s_x, s_y, s_z, s_{\psi}$ можно до появления БПЛА в точке A_0 , т.е. иметь достаточную статистику для точной количественной оценки закона распределения $w(s, \sigma s)$. С другой стороны, при возможности изменения курса движения судна можно на время посадки БПЛА выбирать курс движения судна относительно волнового фронта, обеспе-

чивающий минимальные значения, в первую очередь, σ_{s_y} и σ_{s_z} .

Зная закон изменения погрешности $w(s_y, \sigma_{s_y})$ по результатам анализа параметров качки, можно оценить риск принятия ошибочного решения $P_{ошY}$ по координате Y:

$$P_{ошY} = 1 - \int_{s_{1y}}^{s_{2y}} w(s_y, \sigma_{s_y}) ds_y; |s_1| < \Delta_{s_y} \text{ и } |s_2| < \Delta_{s_y} \quad (12)$$

где $w(s_y)$ – плотность распределения значений s_y , s_1 и s_2 – нижний и верхний пределы допустимого значения погрешности s_y .

Аналогично выражениям (11) и (12) находят значение риска принятия ошибочного решения по боковому отклонению $P_{ошZ}$ и угловым координатам $P_{ош\psi}(t_k)$, $P_{ош\theta}(t_k)$, $P_{ош\gamma}(t_k)$.

Если значение риска задано, то из уравнений (12) определяют пороговые значения отклонений решающего правила (10). При этом для выбора порогов s_{i1} и s_{i2} по каждой i координате ($s_y, s_\theta, s_\psi, s_x, s_y, s_z, s_\gamma$) необходимо соблюдать условие

$$\int_{s_{i1}}^{s_{i2}} w(s_i, \sigma_{s_i}) ds_i \rightarrow \max, \quad (13)$$

соответствующее достижимой вероятности безаварийной «сухой» посадки по каждой координате.

Для решающего правила с заданной величиной риска для каждой i координаты необходимо в неравенствах (10) вместо $\max(s_i)$ использовать максимальное значение из s_{i1} и s_{i2} . В обобщенном виде решающее правило примет вид

$$(i_A(t_k) - i_{кв}(t_k)) + \max(s_{i1}, s_{i2}) \leq \Delta_{ки}. \quad (14)$$

Структурная схема аппаратуры судовой системы посадки БПЛА и ее функционирование подробно описаны в [4]. Функциональная схема СППР показана на рис. 1.

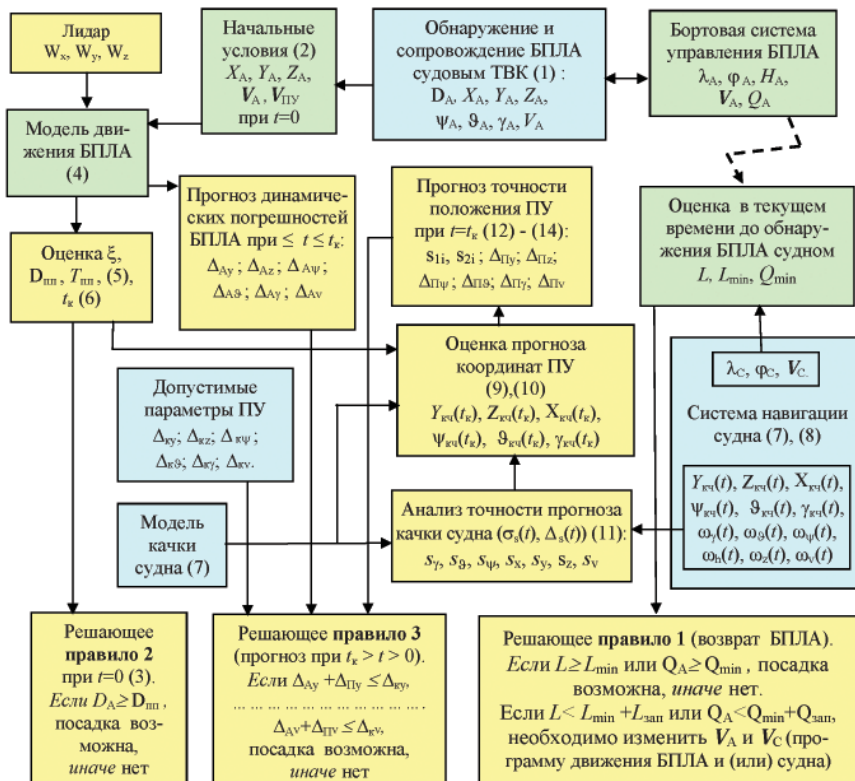


Рис. 1. Функциональная схема СППР

Дополнительно в состав судовой аппаратуры введено устройство, позволяющее определить направление и скорость ветра, например, лидар для оценки составляющих скорости ветра, которые используются в модели (4) и влияют на значение оценки (6).

На схеме рис. 1 показаны информационные параметры и связи их с решающими правилами СППР, которые вводятся дополнительно в судовую систему управления посадкой БПЛА. Здесь не показаны параметры и связи для подготовки полетного задания и контроля выполнения мониторинга, алгоритмы выработки

сигналов управления, необходимых для управления приведением БПЛА к посадочному устройству, так как они описаны в [1] и рассмотрение их выходит за рамки темы настоящей статьи.

Решающие правила 1, 2 и 3 позволяют в хронологическом порядке информировать оператора о возможности «сухой» посадки.

После принятия решения о возвращении БПЛА или одновременно при постоянстве курса и скорости движения судна проводится спектральный анализ качки, с целью уточнения параметров основных гармоник (7). После этого выполняется статистический анализ отклонений $s_i(s_y, s_\theta, s_\psi, s_x, s_y, s_z, s_\gamma)$ измеряемой качки от ее модели. С учетом допустимого риска вычисляются пороговые значения s_{i1} и s_{i2} , при помощи которых уточняются ожидаемые значения максимальной ошибки $\Delta_{ПР}$, начиная с момента $t=0$ до $t=t_k$.

Статистические оценки динамических ошибок ΔA_i приведения БПЛА к посадочному устройству требуют значительных затрат времени моделирования. Поэтому в момент «захвата» БПЛА, при $t=0$, для решающего правила 2 используется аппроксимация экспоненциального затухания переходных процессов отработки начального рассогласования и измеряемого ветрового возмущения.

На интервале $0 < t < t_k$ изменение значений оценок $\Delta_{ПР}$, Δ_{A_i} приводит к необходимости периодической проверки правила 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные решающие правила помогают оператору принимать решение с известной величиной риска ошибочного решения о «сухой» или «мокрой» посадке на основе анализа внешних условий, динамики движения БПЛА

и судна. Точность оценки этого риска зависит от адекватности математической модели реальным параметрам движения БПЛА и точности измерителей параметров внешних условий и параметров качки судна.

В связи с отсутствием опыта эксплуатации БПЛА на судах целесообразно провести математическое моделирование с максимально адекватной моделью приведения БПЛА к посадочному устройству с воспроизведением:

- воздушных возмущений, вызванных движением судна и ветровых порывов,
- всех компонентов качки судна, включая случайные составляющие,
- запаздывания сигналов судовой системы управления движением сближения БПЛА с посадочным устройством.

Организация этих работ ускорит использование БПЛА на судах и кораблях.

Примечание: Исследования проводятся при поддержке РФФИ, грант № 13-08-00925 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаров С.Н. Посадка беспилотных летательных аппаратов на суда: Биб-ка судостроителя, серия «Судовое приборостроение»/ А.А.Александров, М.С.Дворяшин, В.В.Морозов, Е.С.Петухова, Ю.Ф.Подоплекин, А.В.Соловьев, В.В.Соловьева, С.Г.Толмачев, С.Н.Шаров, И.М.Яцковская. Под науч. ред. Г.А.Коржавина – СПб: Судостроение, 2014. – 184 с.
2. Боднер В.А. Системы управления летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1973. – 504 с.
3. Справочник по теории корабля. – Т. 2/Под ред. Я.И.Войткунского. –Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.
4. Патент на полезную модель 133094, Российская Федерация. Судовая система управления посадкой БПЛА/ С.Н. Шаров, М.С. Дворяшин, В.В. Соловьева. Оpubл. 10.10.2013. Приоритет 02.04.2013. ■

ВВЕДЕНИЕ

Практическое использование автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) в решении таких задач (миссий), как осмотр района работ, обследование дна, поиск и картографирование донных особенностей (ДО), гидрология и геофизические исследования, возможно при обеспечении его управляемости.

Специфические особенности эксплуатации АНПА проявляются, в частности, не только в многообразии выполняемых миссий, но и в оснащении аппарата ограниченным составом средств точного измерения полного вектора параметров фазового состояния, включая такие, как ускорение, абсолютная скорость, местоположение, что затрудняет использование численных методов синтеза управления [1–3]. Метод решения задачи отслеживания эталонного движения [1] формально соответствует задаче траекторного управления движением АНПА, однако требует значительных вычислительных ресурсов. В работах [2, 3] управление по наблюдаемым (измеряемым) параметрам фазового состояния определяется как «позиционное», что в наибольшей степени применимо к организации желаемого управляемого траекторного движения АНПА. Вместе с тем в позиционном управлении в синтезируемых алгоритмах используется полный вектор фазовых параметров состояния системы «регулятор–объект», что не позволяет подход работы [3] применить к вычислению в системе управления движением (СУД) АНПА желаемых управлений. Вычисление управления в реальном времени, кроме того, требует в обеспечение безопасного траекторного движения АНПА в условиях сложного донного рельефа введения ограничений на время вычислений по каждому из k -х параметров состояния.

В статье рассматривается численный метод синтеза управляющих воздействий в реальном времени как один из путей достижения в СУД АНПА указанных требований.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Маневрирование АНПА будем осуществлять как на прямолинейных отрезках заданного маршрута движения, так и при криволинейном движении. Требования к системе управления по точности прохождения заданной траектории определяем не только, исходя из условия минимизации отклонений, но и в основном оптимизации процесса безопасного выхода аппарата в заданную точку за минимальное время. Одним из путей удовлетворения этих требований может рассматриваться численный метод синтеза оптимального управления процессом движения АНПА в реальном времени при сопоставлении фазовых параметров состояния текущего процесса с параметрами желаемого.

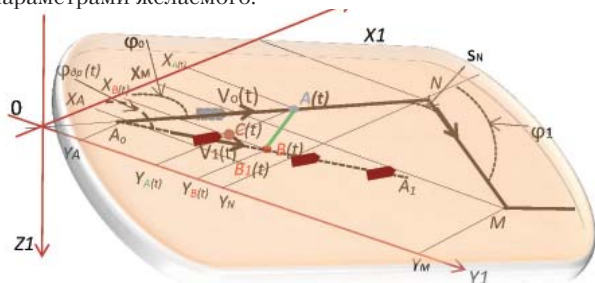


Рис. 1. Схема управления траекторным движением АНПА

Пусть при осуществлении миссий АНПА в условиях ограниченного состава навигационных средств наблюдения подводного местоположения траектории маневрирования планируются в горизонтальной плоскости в виде ряда наперед заданных автоматических маневров. Формируемые в реаль-

К ВОПРОСУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРИРОВАНИЕМ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

ЧАСТЬ 1

В. В. Кобзев, *д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,*
В. К. Болховитинов, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,*
вед. специалист, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 643 1817, 610 1109

ном масштабе времени маневры аппарата описываются как изменением курса (направления), так и скорости движения аппарата [4, 5]. Схема траекторного движения АНПА в этом случае принимает вид, показанный на рис. 1, где в проекции на горизонтальную плоскость дна земной (абсолютной) системы координат X_1OY_1 обозначено начальное положение АНПА точкой A_0 с координатами $[X_A; Y_A]$ и с заданной скоростью движения V_0 , заданным траекторным углом ϕ_0 в отношении к заданной (желаемой) траектории ONM , характеризующей отрезками прямой ON и NM . Желаемое положение АНПА на траектории и фактическое обозначено соответственно символами \dot{x}_{on} – вектора фазовых координат виртуальной точки; $\dot{x}_{тек}$ – вектора фазовых координат АНПА при управляемом движении; t – текущего времени процесса движения, где состояния \dot{x}_{on} , $\dot{x}_{тек}$ определяются в виде (1). Траекторное маневрирование АНПА с направления ϕ_0 на направление ϕ_1 происходит по дуге SN . При действии на АНПА внешней силы, например, подводного течения, желаемое траекторное движение по линии $A_0 - N$ в направлении заданного угла курса $\phi_0(t)$ и со скоростью перемещения $V_0(t)$ трансформируется в его движение по линии $A_0 - A_1$ в направлении угла $\phi_{др}(t)$ и со скоростью перемещения $V_1(t)$. Для стабилизации заданного курса на траектории движения АНПА угол дрейфа в отличие от общепринятого определяется в данном случае при вычислениях в СУД не в виде угла, образованного между направлением скорости $V_1(t)$ и диаметральной плоскостью АНПА, а в виде угла $\phi_{др}(t)$ дрейфования (ухода от траектории) АНПА под воздействием в районе его движения внешней силы. Это позволило ввести в вычислительные алгоритмы СУД ряд информационных навигационных параметров, обработка которых позволяет организовать взаимодействие комплекса алгоритмов смежных систем управления АНПА.

В рассматриваемом методе формирование в системе управления движением (СУД) управлений при маневрировании аппарата в заданной миссии в условиях ограниченного состава навигационных средств наблюдения подводного местоположения АНПА осуществляется по результатам сопоставления в реальном времени i -х фазовых параметров состояния текущего процесса движения с соответствующими дополнительными параметрами желаемого (виртуального) процесса (см. рис. 1), при котором траектория $A_0 - N$ и процесс движения виртуальной точки A_0 в положении $A(t)$ оцениваются как «опорные». Укажем, что в [6] в задаче позиционирования АНПА над объектом смещения аппарата относительно опорного фотокадра фиксируются при обработке текущих фотоизображений, что позволяет рассчитывать текущее местоположение аппарата.

Принимаем, что маневрирование АНПА, определяемое в общем случае с учетом особенностей двух взаимосвязанных задач – определения безопасных режимов движения в случае обходов и уклонения от обнаруживаемых препятствий при ограничениях на ресурсы управления и вычислительные процедуры; генерации в сложившейся обстановке процедур новых миссий – может быть обеспечено с использованием

подходов метода формирования управлений [3, 5, 7]. При этом текущий процесс движения АНПА рассматривается как система с переменными параметрами – отклонениями от «опорных» значений параметров виртуального в момент времени Δt_k их сопоставления.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ АНПА

Пусть представление и описание процессов управляемого движения аппарата подчинено совокупности дифференциальных уравнений со многими переменными:

$$\begin{cases} \dot{x}_{оп} = \zeta_{оп}(V_{оп}; t; f_{i1}; \Pi_{оп}) - \text{опорной (виртуальной) точки,} \\ \dot{x}_{тек} = \zeta_{тек}(V_{тек}; t; f_{тек}; F; U_{СУД}; \Pi_{тек}) - \text{текущего процесса.} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $(V_{оп}; f_{оп})$, $(V_{тек}; f_{тек})$ – соответственно двойки контролируемых фазовых состояний скорости и курса (направления) движения виртуальной точки и текущего процесса; $\Pi_{оп}$, $\Pi_{тек}$ – соответственно совокупности дополнительных вычисляемых и измеряемых навигационных параметров; $F; U_{СУД}$ – соответственно возмущения и управляющие воздействия СУД для текущего процесса движения АНПА при ограничениях

$$\begin{cases} U_{СУД}^{min} \leq U_{СУД} \leq U_{СУД}^{max}, \\ F_{min} \leq F \leq F_{max}. \end{cases} \quad (2)$$

В этом случае прямое использование АНПА возможно при корректировании миссии на основе текущего состава систем радиоэлектронного вооружения (РЭВ) и соответствующего программного обеспечения СУД, реализующего совокупную структуру алгоритмов управляемого маневрирования АНПА в определенных («назначаемых» системой) режимах движения.

Рассмотрение текущего процесса движения АНПА как системы с переменными параметрами – отклонениями от опорных значений параметров – выполняется в дискретные моменты времени Δt_k :

$$\Delta t_k \geq \sum \tau_i, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (3)$$

Здесь Δt_k – время формирования управляющего воздействия СУД АНПА; τ_i – время затрачиваемое для вычисления (измерения) i -го параметра такое, что моменты времени τ_i отстоят друг от друга равномерно:

$$\tau_{i+1} = \tau_i + \nu. \quad (4)$$

Пусть возмущенное движение АНПА (1) подчинено линейным дифференциальным уравнениям

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)U + F, \quad (5)$$

где x – q -мерный вектор фазовых координат; $A(t)$ и $B(t)$ – непрерывные матрицы размерности $q \times q$ и $q \times p$ соответственно; U – p -мерный вектор управления с ограничениями

$$|U_{СУД}^k| \leq U_{СУД}^{max}, \quad k = 1, \dots, p; \quad (6)$$

F – q -мерный вектор непрерывных внешних воздействий при движении АНПА.

Запишем уравнения (5) для желаемого движения виртуальной точки

$$\dot{x}_{вирт} = A_1(t_k)x_{вирт}, \quad x_{вирт}(0) = x_{задан}, \quad (7)$$

с учетом ограничений на реальное время вычислений управлений (6)

$$\min(\Delta t_k - t_0) \geq t_{допуст}, \quad (8)$$

где Δt_k – отсчет времени вычисления k -го управления в системе (5); $t_k = \sum \Delta t_k$; $t_{допуст}$ – время, необходимое для вычисления управления $U_{СУД}^k$.

Интегрирование системы (5) в обеспечение (8) выполняем только на отрезке времени $\Delta t_k = t_{k+1} - t_k$. Тогда за время $(\Delta t_{k+1} - \Delta t_k)$ координаты системы (5) с управлениями (6) для момента времени Δt_k примут значения

$$x = [x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{pk}]. \quad (9)$$

Учитывая (5) – (8), определяем задачу минимизации отклонений параметров $\Delta x(t_{k+1})$ как вычисление оценки

$$\xi = (\Delta x_{k+1} - \Delta x_{вирт}^k) \leq \Delta x_{допуст}^k. \quad (10)$$

Используя (7) – (10), вычисляем для системы (5) управление

$$U(t_{k+1}) = L[t_k; \xi] \quad (11)$$

и контролируем состояние фазовых координат (9)

$$\xi(t_{k+1} - t_k) \leq \Delta x_{допуст}^k \quad (12)$$

после чего с корректируемым управлением (6) в виде (11) циклически повторяем в системе управления «назначенную» СУД АНПА последовательность вычислений (7) – (12).

Для формирования управлений (6) при экстремальных условиях движения аппарата и принятия в СУД решений по корректировке управления анализируются (оцениваются) состояния (9) для значений длительности (8) времени измерений отклонений (10)

$$\min \Delta t_k^x = L_{\alpha}[\max \dot{x}(t_k)], \quad (13)$$

когда

$$\Delta t_k^x = \frac{\Delta t_k}{\alpha}; \quad \Delta t_k = \Delta t_k - \Delta t_{k-1}; \quad \alpha = \left| \frac{\dot{x}_{тек}}{\dot{x}_{max}} \right|.$$

Для оцениваемых состояний вектора (9) устанавливаем такое Δt_k^x , которое минимальное из совокупности (13)

$$\Delta t_k^x \subset (\Delta t_k^{x_1}, \dots, \Delta t_k^{x_p}) \quad (14)$$

времени вычислений каждой x – p -товой фазовой координаты вектора (9).

По результатам вычислений (12) – (14) корректируем управление (11)

$$U(t_k^x) = L[\Delta x(\Delta t_k); \Delta t_k^x] \quad (15)$$

и повторяем цикл вычислений (7) – (12).

При взаимодействии в СУД вычислительных алгоритмов решения системы (1) – (7) используются два возможных способа (варианта) определения вектора $X(t_k)$ – местоположения АНПА при траекторном движении в случае действия на АНПА возмущений $F(t)$ – сил подводного течения.

Пусть бортовой лаг-дрейфомер вырабатывает в земной системе координат сигналы составляющих абсолютной скорости $V_1(t)$ перемещения АНПА относительно дна по линии $A_0 - A_1$ в виде значений $V_{x1}(t)$ – составляющей скорости в северном и $V_{y1}(t)$ – составляющей скорости в восточном направлении движения так, что

$$V_1(t) = \sqrt{V_{x1}^2(t) + V_{y1}^2(t)}. \quad (16)$$

Тогда на момент времени $(t = t_0 + \Delta t)$ справедливы соотношения

$$X_1(t) = V_{x1} \Delta t; \quad Y_1(t) = V_{y1} \Delta t, \quad (17)$$

где $X_1(t)$, $Y_1(t)$ становятся координатами текущего положения АНПА, например, (см. рис. 1) его точки $B(t)$: $[X_B(t) = X_1(t); Y_B(t) = Y_1(t)]$, которые используем как дополнительные навигационные параметры в алгоритмах СУД АНПА. При этом полагаем, что при скорости $V_{0k}(t_k)$ с составляющими $V_{0sk} = V_{0k} \cos \varphi_0$, $V_{0yk} = V_{0k} \sin \varphi_0$, где $V_{0k}(t_k)$, $\varphi_{0k}(t_k)$ – начальные (заданные) значения скорости и курса, АНПА в случае отсутствия внешних воздействий окажется на момент времени $(t = t_0 + \Delta t)$ в точке $A(t)$ с координатами

$$[X_A(t) = V_0 \Delta t; Y_A(t) = V_0 \Delta t], \quad (18)$$

которые также используем в качестве исходных данных при их сопоставлении с параметрами (17).

Во втором варианте бортовые средства АНПА измерения скорости определяют значения относительных скоростей движения: $V_x(t)$ – в продольной и $V_y(t)$ – боковой (поперечной) плоскости аппарата. Тогда, при движении АНПА в режиме стабилизации заданного курса φ_0 по направлению $\varphi_{др}$ линии $A_0 - A_1$ со скоростью $V_1(t)$, в судовой системе координат справедливы соотношения

$$V_x(t) = V_1(t) \cos[\varphi_{др}(t) - \varphi_0]; \quad V_y(t) = V_1(t) \sin[\varphi_{др}(t) - \varphi_0]. \quad (19)$$

Из (19) могут быть получены соотношения для определения составляющих абсолютной скорости движения АНПА:

$$\begin{cases} V_{x1}(t) = V_1(t) \{ \cos \varphi_0 \cos[\varphi_{др} - \varphi_0] - \sin \varphi_0 \sin[\varphi_{др} - \varphi_0] \}; \\ V_{y1}(t) = V_1(t) \{ \cos \varphi_0 \sin[\varphi_{др} - \varphi_0] - \sin \varphi_0 \cos[\varphi_{др} - \varphi_0] \}. \end{cases} \quad (20)$$

При рассмотрении соотношений (20) не трудно установить значение абсолютной скорости $V_1(t)$ перемещения АНПА, равное скорости по выражению (16), что свидетельствует

ет об эквивалентности рассматриваемых способов определения абсолютной скорости $V_1(t)$ различными бортовыми измерительными средствами АНПА. Это, в свою очередь, подтверждает возможность реализации способа управления траекторным движением при ограниченном составе навигационных средств определения местоположения АНПА на траектории движения. Из выражений (20) на период времени ($t=t_0+\Delta t$) могут быть рассчитаны также координаты местоположения АНПА, равные значениям (17).

Следуя [5, 8] и обеспечивая (15) для случая управлений по курсу и скорости движения АНПА, СУД АНПА при контроле состояний (12) и вычислении из (1) совокупности дополнительных навигационных параметров формирует структуру алгоритмов

$$\begin{cases} U_{V_x}(t_k^x) = \sum k_{\zeta} [V_x(t_k) - V_x^{\text{доп}}] + k_{\zeta 1} (\Pi_{j+1} - \Pi_i) + k_{F_x} \hat{F}_{\text{теч}x}; \\ U_f(t_k^x) = \sum k_{\omega} [f_{\text{тек}}(t_k) - f^{\text{доп}}] + k_{\omega 1} (\Pi_{j+1} - \Pi_j) + k_{M_f} \hat{M}_{\text{теч}} \end{cases} \quad (21)$$

где $U_{V_x}(t_k^x)$, $U_f(t_k^x)$ – соответственно управление скоростью и курсом с фазовыми измеряемыми координатами и с включением слагаемых i -х и j -х дополнительных навигационных параметров из (1) на тактах вычислений (3), (13), (14); $\hat{F}_{\text{теч}x}$, $\hat{M}_{\text{теч}}$ – соответственно вычисляемые значения силы и момента воздействия подводного течения.

Последовательность и состав включаемых в управления (21) вычисляемых навигационных параметров определяется СУД при изменении (вариациях) (8) моментов времени Δt_k : чем более, в сравнении с используемыми, вес данного вычисляемого параметра в k -той динамике процесса движения аппарата, тем меньше значение времени его подключения, когда формируется цикл: $\Delta t_k^x < \Delta t_{k-1}^x$.

ЗАДАЧА ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Целевое назначение и принципы построения СУД АНПА в обеспечение безопасности выполнения заданной миссии отражают решение следующих задач корректируемых миссий по результатам сопоставления фазовых параметров:

- распознавание и генерация наблюдаемых особенностей среды;
- визуализация траекторного движения аппарата;
- инициация функционирования состава РЭВ АНПА (датчики, сенсоры среды, системы наблюдения и т. п.);
- формирование и наполнение баз данных (БД) и баз знаний (БЗ) СУД АНПА по направлениям: «среда – датчики», «сигналы наблюдения – сигналы СУД», «параметры объекта – архивация состояний» и т. п.;
- организация структуры взаимодействующих подсистем СУД в обеспечение функционирования менеджера задач маневрирования (МЗМ), системы научных сообщений (СНС) при движении АНПА в экстремальных ситуациях исполняемой миссии и др. Указанное предопределяет необходимость построения СУД с элементами алгоритмических структур по принятию «интеллектуальных» решений о возможности продолжения и корректирования миссии АНПА в неблагоприятных и нештатных ситуациях.

В [8] при формировании управлений (6) в экстремальных условиях движения аппарата и при принятии в СУД решений по корректировке управления анализируются (оцениваются) состояния ряда дополнительных навигационных параметров, вычисляемые значения которых вводятся в алгоритмическое обеспечение СУД АНПА.

В качестве примера принятия в СУД решений по корректировке управлений (11) приведем процедуру вычисления отдельных параметров маневрирования АНПА.

Из рис. 1 при рассмотрении координат точки $B(t)$

$$[X_B(t)=X_1(t); Y_B(t)=Y_1(t)] \quad (22)$$

и построенного треугольника $A_0B(t)B_1(t)$ следует, что вели-

чина угла дрейфования АНПА $\varphi_{\text{др}}$ может быть вычислена из соотношения

$$\varphi_{\text{др}} = \arctg \left[\frac{Y_B - Y_{A_0}}{X_B - X_{A_0}} \right]. \quad (23)$$

В свою очередь, расчетное значение угла $A(t)A_0B(t)$ сноса АНПА с траектории ON при рассмотрении треугольника $A_0A(t)B(t)$ может быть рассчитано по выражению

$$\alpha = (\varphi_{\text{др}} - \varphi_0) = \arctg \left[\frac{Y_B - Y_{A_0}}{X_B - X_{A_0}} \right] - \varphi_0, \quad (24)$$

и оно вносится в алгоритмы СУД наряду с координатами (22) как третий дополнительный информационный параметр, характеризующий движение АНПА.

Так, например, текущую величину «расхождения» траекторий A_0N и A_0A_1 , определяемую длиной отрезка $A(t)B(t)$ треугольника $A_0A(t)B(t)$, вычисляем по уравнению

$$A(t)B(t) = \sqrt{A_0A(t)^2 + A_0B(t)^2 - 2A_0A(t)B(t)\cos\alpha}. \quad (25)$$

Используя полученные значения параметров в соотношениях (16) – (18) и (23), уравнение (25) на период времени $t=t_0+\Delta t$ преобразуем к параметру

$$\rho_{AB} = A(t)B(t) = \Delta t \sqrt{V_0(t)^2 + V_1(t)^2 - 2V_0(t)V_1(t)\cos\{\arctg\left[\frac{Y_B - Y_{A_0}}{X_B - X_{A_0}}\right] - \varphi_0\}}, \quad (26)$$

который принимаем в качестве текущего дополнительного параметра при заданных (желаемых) значениях скорости V_0 , курса φ_0 и рассчитанных (16) или измеренных (20) переменных, изменение которого будет контролироваться СУД АНПА в целях коррекции траекторного движения. Пример отработки в СУД параметра (26) иллюстрирует рис. 2, когда в СУД принимается решение [8] о вычислении корректирующего воздействия в канале курса $f(t)$ по выражению

$$\Delta f_3(\Delta t_k) = k_{AB} \eta [p_{AB}(\Delta t_k)],$$

что, в свою очередь, определит новое значение желаемого курса по выражению $f(t) = f_0 - \Delta f_3(\Delta t_k)$.

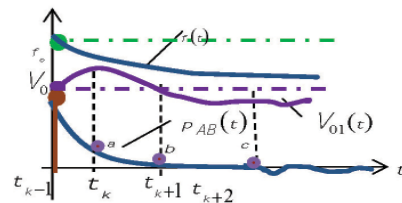


Рис. 2. Изменение курса и скорости АНПА в задаче минимизации расхождения от заданной траектории

На рис. 2 процесс «отработки» в канале курса, начиная с момента времени $t=t_{k-1}$ вычисленного сигнала коррекции $\Delta f_3(\Delta t_k)$, выполняется СУД АНПА одновременно с процессом управления величиной скорости хода в зависимости от изменения текущего значения расхождения $p_{AB}(\Delta t_k)$ на промежутке времени $[t_{k-1}, \dots, t_{k+1}]$. Одновременно с этим, когда значение расхождения становится равным (точка a)

$$p_{AB}(t_k) = \frac{1}{3} p_{AB}(\Delta t_k),$$

СУД «осуществляет» в канале скорости до момента времени t_k увеличение заданной скорости хода до значения

$$V_0(t_k) = V_{\text{доб}}^{\text{АНПА}}(t_{k-1})$$

и затем, по мере выхода АНПА на желаемый курс, «снижает» скорость хода (точка b) до величины (точка c) около скорректированного счисляемого значения, что обеспечивает перевод АНПА в режим движения практически по заданной (см. рис. 1) траектории $A_0 - N$ при снижении заданного курса f_0 до значения $f(t)$ и снижении заданной скорости V_0 до значения V_{01} .

Таким образом, интегральная обработка в СУД АНПА информации о состоянии параметров движения и вычисление в задаче управления значений дополнительных навигационных параметров при выполнении отдельных миссий является

одним из возможных вариантов интеллектуализации таких, например, управляемых процессов (миссий), как:

- поиск и обследования донных особенностей;
- выход АНПА к заданной точке назначенной траектории в вариантах маневрирования в условиях ограниченного состава навигационных средств обсервации его местоположения;
- динамическое позиционирование АНПА в ограниченной области пространства (наблюдаемый объект, заданная точка зависания и т. п.).

Пример 1. Алгоритмизация процесса поиска и обследования донных особенностей (донных – ДО и геофизических объектов) в заданном районе миссии направлена на то, чтобы «интеллектуальная» СУД АНПА, используя информационное обеспечение как исходные данные, смогла бы «сгенерировать» поисковую траекторию маневрирования (ПТМ). Вид и характер изменения ПТМ на отрезке времени $[t_0 - \Delta t]$ вычислений управлений представлен в этом случае на рис. 3. Укажем, что аналогичное представление обсуждалось ранее в работе [9].

Рассматриваем следующий подход к построению СУД траектории поиска.

Пусть для интеллектуализации управляемого маневрирования на отрезке времени $[t_0 - \Delta t]$, где, как и в (14), (15), t_0 – начало совершения маневра; Δt – желаемое значение времени маневрирования, потребуется рассмотрение следующего состава информационного обеспечения изменения динамических параметров движения АНПА (на примере каналов продольного – $X(t)$ и бокового (поперечного) – $Y(t)$ движения аппарата): $\Delta X(t)$ – ожидаемое перемещение аппарата по координате $X(t)$; $\Delta Y(t)$ – ожидаемое перемещение аппарата по координате $Y(t)$; $X_{\text{зад}}(t_0)$, $Y_{\text{зад}}(t_0)$ – заданные значения перемещения АНПА; $V_{\text{ср}}(t_0)$, $V(t)$ – значения средней и текущей абсолютной скорости горизонтального перемещения АНПА; $TKX(t_0)$, $TKY(t_0)$ – наблюдаемые значения продольной и поперечной силы, развиваемые движительно-рулевым комплексом (ДРК) АНПА в процессе маневрирования.

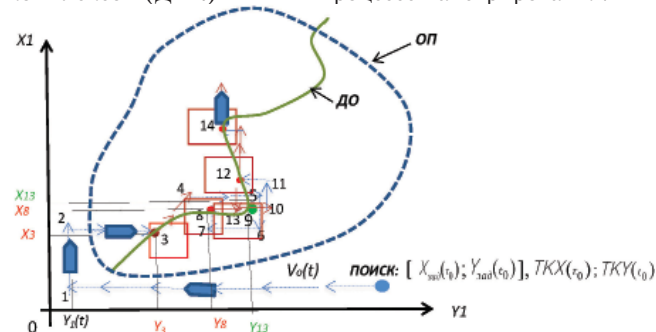


Рис. 3. Управляемое маневрирование АНПА в задаче «поиск» (ДО – донная особенность; ОП – область поиска)

ПТМ по рис. 3 при маневрировании аппарата осуществляется «интеллектуальным» алгоритмом поиска (ИАП), генерируемым СУД АНПА с начального момента «ПОИСК» так, чтобы при распознавании ДО средствами [6] системы технического зрения (СТЗ) обеспечивалась ее локализация на всей протяженности. Обнаружение (контакт) АНПА с ДО фиксируется алгоритмами СУД по данным СТЗ, с определением соответствующих координат точки контакта в земной системе координат. СУД «генерирует» поисковое движение АНПА в заданной ОП по меандру: «ПОИСК–точка 1 – точка 2 – точка 3», когда первоначальную траекторию «ПОИСК–точка 1» система «рассчитывает» как движение АНПА параллельно оси OY_1 в направлении «ЗАПАД». При этом первоначальную длину галса (траектории) «ПОИСК–точка 1» – синие стрелки – СУД «определяет» по результатам обработки в реальном времени следующих исходных данных миссии: протяженность ОП, ее первоначальные параметры и описание, скорость движения $V_0(t)$ и ожидаемое время вхождения АНПА в ОП. Дальнейшее движение АНПА система «назначает», генерируя поисковые траектории «меандра» вида: «1–2», «2–3», ... «12–13», «13–14», галсы которых

по направлению и дистанции рассчитываются «интеллектуальной» СУД АНПА, например, по следующим правилам.

1. Галс «ПОИСК–точка 1» планируется к исполнению в миссии таким образом, чтобы «движение АНПА происходило бы вблизи оси OY_1 ...» [7], когда наблюдаемые при этом ошибки позиционирования АНПА относительно заданной в точке ПОИСК координаты $X_{\text{зад}}(t_0)$ становились бы минимальными.

2. Галс (синие стрелки) «точка 1–точка 2» планируется СУД к исполнению в миссии таким образом, чтобы наблюдаемые при этом ошибки позиционирования АНПА относительно текущей координаты $Y_1(t)$ были бы также минимальными, что обеспечивается, если движение АНПА происходит в направлении «СЕВЕР» вблизи оси OX_1 , а его длина поисковым алгоритмом СУД АНПА «назначается», равной длине АНПА.

3. Галс «точка 2–точка 3» после прохождения точки 2 определяется как обратный по направлению к галсу «ПОИСК–точка 1», а его длина (в данном случае) фиксируется средствами СТЗ в момент времени (красная точка 3) контакта с ДО (в том числе и направление распространения обнаруженной особенности).

4. СУД АНПА фиксирует в этот момент времени координаты точки 3 (X_3 ; Y_3) как первые географические (местные) координаты ДО и организует затем движение АНПА (красные стрелки) в данном направлении протяжения ДО при контактах с ней средствами РЭВ.

5. Как только контакт с ДО потерян (точка 4), СУД АНПА вновь организует галс (синие стрелки) меандра «точка 4 – точка 5», параллельный оси OY_1 с направлением «ВОСТОК» до тех пор, пока АНПА вновь не проходит через ДО с фиксацией, для подтверждения факта выхода на ДО, координат точки контакта и с последующим переводом АНПА на галс «точка 5 – точка 6», равный длине АНПА (синие стрелки).

6. По достижении точки 6 алгоритмы системы управления переводят АНПА на галс «точка 6 – точка 7» до момента нового контакта (красная точка 8) с ДО, координаты которой (X_8 ; Y_8) также фиксируются и заносятся в БЗ СУД АНПА для последующего их использования в задаче «картографирование».

7. Далее цикличность работы алгоритмов СУД АНПА в режиме поиска контакта с ДО повторяется (синие стрелки), («точка 8 – зеленая точка 9» контакта с ДО фиксируется – точка 10», «точка 10 – точка 11», «точка 11 – точка 12», «точка 12 – точка 13» до момента времени, как только не становятся определенными [7, 11] направление распространения и координата «критического» излома особенности ДО – точка 13 (X_{13} ; Y_{13}), также фиксируемые в БЗ СУД АНПА.

8. Далее движение АНПА организуется по галсу «точка 13 – точка 14» (красные стрелки) вчисляемом направлении распространения ДО при цикличности подтверждения СТЗ последующих контактов.

Из рассмотрения рис. 3, например, следует, что движение АНПА в горизонтальной плоскости происходит по управляемому меандру (УМ), направление и ширина галса которого определяется АП, генерируемым в «интеллектуальной» СУД АНПА в зависимости от состояния параметров процесса движения по отношению к задаче миссии. При этом АП в характерных точках УМ корректирует параметры движения аппарата так, чтобы ошибки в переходах от одной характерной точки галса к другой были бы минимальными, что позволит сократить время, затраченное на поиски объектов. Появление этих ошибок будет определяться [5] значениями выбега АНПА при торможении и изменении направления галса.

В этом случае примером компонента из комплексного алгоритма поиска может рассматриваться алгоритм расчета ожидаемых (прогнозных) ошибок (выбегов АНПА по координатам движения), основанный на следующих аналитических соотношениях:

- расчет ожидаемых (прогнозных) перемещений АНПА (на примере продольного горизонтального движения)

$$\Delta X(t) = \mu TKX(t_0 + \Delta t) / W_{АНПА}; \quad (27)$$

– расчет времени набора (сброса) заданных значений желаемых сил TKX, TKY , развиваемых ДРК в задаче выхода АНПА в точку прогнозной траектории $(X_{зад}, Y_{зад})$,

$$t_x = \sqrt{\xi W_{АНПА} \frac{X_{зад}}{TKX(t_0 + \Delta t)}}, \quad (28)$$

где μ, ξ – коэффициенты пропорциональности и

$$t_y = \sqrt{\xi W_{АНПА} \frac{Y_{зад}}{TKY(t_0 + \Delta t)}}; \quad (29)$$

– расчет времени выхода в заданную точку траектории $(X_{зад} > 0, Y_{зад} > 0)$

по координате X_1

$$t_{0X} = \vartheta \frac{X_{зад}}{X_{зад} * t_x^2}; \quad (30)$$

по координате Y_1

$$t_{0Y} = \zeta \frac{Y_{зад}}{Y_{зад} * t_y^2}; \quad (31)$$

общего времени маневра на переходе

$$t_{0Y} = \max[t_{0X}, t_{0Y}], \quad (32)$$

где ϑ, ζ – коэффициенты пропорциональности (определяются по результатам имитационного моделирования).

В соотношениях (27) – (32) обозначено: $W_{АНПА}$ – водоизмещение аппарата; $TKX(t_0 + \Delta t)$ – среднее значение сил ДРК в продольном горизонтальном движении за время t_x ; $TKY(t_0 + \Delta t)$ – среднее значение сил ДРК в поперечном (боковом) горизонтальном движении за время t_y ; t_0 – время включения управляющего сигнала АП; t_x, t_y – расчетные значения времени действия сигналов коррекции при переходах в точках УМ.

Предложенный подход коррекции управления изменением параметров движения сил ДРК при поисковом маневрировании АНПА определяет следующую стратегию управления и коррекции в «интеллектуальной» СУД:

1) определяется среднее значение абсолютной скорости $V_{ср}$ движения АНПА и устанавливается ее величина на k -й период времени маневрирования $t = t_0 + \Delta t_k$;

2) формируются отрезки прохождения заданной траектории УМ путем переназначения заданий $X_{зад}, Y_{зад}$, например, в канале продольного движения, в виде

$$X(t) = X_{зад} (1 - e^{-\alpha t}), \quad (33)$$

когда $X_{зад} = \text{const}$ в течение времени $(t - \Delta t_k)$, а упреждение Δt_k формирования $X_{зад}$ определяется для момента времени, при

$$\frac{|X(t) - X_{зад}|}{|X_{зад}|} \leq \sigma_X, \text{ и } \alpha_0 = k[V_{ср\max} + V_{ср} - V(t)], k = 0,1 \text{ } 0,3; \quad (34)$$

3) в течение периода управляемого маневрирования $t = t_0 + \Delta t_k$ в АП СУД АНПА контролируется выполнение условий безопасного, по отношению к подводным объектам в районе исполнения заданной миссии АНПА, и оценивается тенденция (тренд) возникновения аварийных ситуаций.

Реализация ПТМ по рис. 3 осуществляется при функционировании в СУД алгоритма по структуре рис. 4.

Примечание: предлагаемый алгоритм «интеллектуальной» СУД АНПА для решения задач поисковой миссии обрабатывается при имитационном моделировании процессов поиска и назначения параметров меандра (траекторий) в части организации и последовательности исполнения галсов. Отметим, что в работе [12] исследуется частная задача обследования подводной части корпуса судна, отдельные результаты которой могли бы быть рассмотрены при построении алгоритмов СУД АНПА.

Продолжение следует

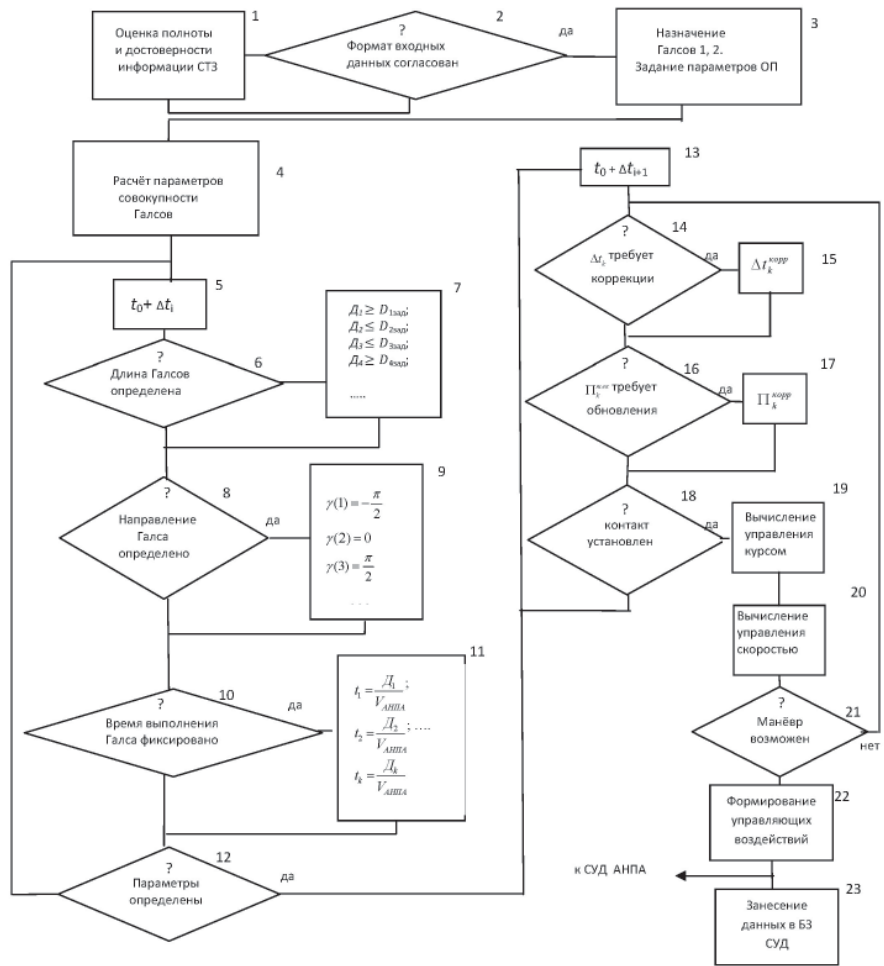


Рис. 4. Вычислительный алгоритм СУД в миссии «ПОИСК ДО»

ЛИТЕРАТУРА

- Осипов Ю.С., Кряжмский А.В., Максимов В.Н. Метод экстремального сдвига и задачи граничного управления // Автоматика и телемеханика. – 2009. – №4. С.18-30.
- Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. – М.: Наука, 1974.
- Александров В.М. Особенности движения динамических систем с возмущениями в окрестности многообразий переключений // Автоматика и телемеханика. – 2009. – №4. С. 58–77.
- Болховитинов В.К., Шилов К.Ю. Автоматизированные информационно-управляющие системы. Алгоритмизация управляемого движения судов технического флота: Учеб. пособие. – СПб: Издво Политех. ун-та, 2011.
- Киселев Л.В., Медведев А.В. Модели динамики и алгоритмы управления движением автономного подводного робота при траекторном обследовании аномальных физических полей // Подводные исследования и робототехника. – 2011. – №1(11).
- Костенко В.В., Павин А.М. Автоматическое позиционирование необитаемого подводного аппарата над объектами морского дна... // Подводные исследования и робототехника. – 2014. – №1(17). – С. 39 – 47.
- Шилов К.Ю., Сизов Ю.Н., Болховитинов В.К. Алгоритмизация численного пути АНПА (в печати).
- Ваулин Ю.В., Щербатюк А.Ф., Дубровин Ф.С. Исследование некоторых алгоритмов однопаячковой навигации АНПА/ ИПМТ ДВО РАН. – E-mail: scherba@marine.febras.ru
- Инзарцев А.В., Павин А.М. Интегрированная система технического зрения и управления АНПА для поиска и обследования протяженных кабельных линий. // Подводные исследования и робототехника. – 2007. – №2(4). – С. 15–20.
- Крючков Р.С., Егоров С.А. Организация движения группы АНПА при проведении противоминных действий. – Тр. V Всерос. науч.-техн. конфер. «Технические проблемы освоения Мирового океана», Владивосток, 2013, с.409–413.
- Инзарцев А.В., Павин А.М. Использование эхолокационной информации для обнаружения и инспекции АНПА искусственных протяженных объектов // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – №2. – С. 27–35.
- Непоставев Е.И. Некоторые результаты моделирования обследования подводной части судна. – ДВФУ. – 2010. ■

Не секрет, что судостроение наряду с автомобилестроением и строительством жилья является отраслью, определяющей общую динамику как мирового экономического развития, так и отдельных стран. Начало разработки углеводородных месторождений на шельфе дало мощный толчок развитию новых технологий в судостроении, создании морских платформ, а также совершенствованию методов и средств разведки и добычи полезных ископаемых, залегающих под морским дном. Динамика спроса на новые суда, морские платформы, строительство и модернизацию портовой инфраструктуры отражают тенденции общего роста или спада экономики.

Если до Второй мировой войны судостроение было сосредоточено в промышленно-развитых европейских странах и в США, то к концу 70-х гг. ведущие позиции в отрасли заняли страны Азии и одновременно сократились объемы производства на «старых» верфях. В первую очередь это, конечно, было связано с наличием дешевой рабочей силы и возможностью получения судостроительными предприятиями «длинных кредитов», сроки погашения которых были соизмеримы с длительностью жизненного цикла построенных судов.

Однако со временем спрос превысил предложение, и азиатские верфи даже при использовании новейших технологий и расширении производственной базы уже не могли удовлетворить потребности заказчиков. В этот период в мировом судостроении наметилась тенденция к разделению труда. Азиатские верфи и верфи развивающихся стран оставили за собой производство крупнотоннажных судов, оборудованных хоть и современными, но сравнительно дешевыми автоматизированными системами управления и обслуживания. Заказы же на сложные в техническом отношении, высокоспециализированные суда, как правило, предпочитают размещать на европейских верфях. Однако это не означает, что снизилась конкуренция в цепочке «заказчик—проектант—судостроитель». Напротив, лишь те предприятия, что своевременно внедряют инновационные разработки в области эксплуатации, проектирования и строительства, могут рассчитывать на получение выгодных заказов.

Для судостроительной отрасли, как и для любой другой, выставки — это уникальный инструмент продвижения товаров и услуг, способствующий расширению контактов между производителями, потребителями и потенциальными партнерами, обмену информацией, заключению взаимовыгодных контрактов. Участие в выставке формирует благоприятный имидж организации и способству-

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СУДОСТРОЕНИЯ, МАШИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МОРСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ SMM-2014

К.А. Ваховская, канд. соц. наук, менеджер,

*К.Б. Каравашкин, зам. директора, ЗАО «Морские Навигационные Системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840*



ет расширению традиционных рынков сбыта и появлению новых.

Тематика разделов выставок судостроения и портовых выставок весьма разнообразна: это разработки конструкторских бюро, оборудование для судостроительных заводов, для ремонта и обслуживания судов, приборы навигации и связи, интегрированные мостиковые системы, спасательное оборудование, судовые автоматизированные системы, обеспечивающие контроль и управление.

Одно перечисление таких выставок, уже прошедших в этом году, и тех, которые еще ожидают гостей, дает наглядное представление об их важности.

В 2014 г. уже прошли такие выставки, как: SMP-Shipping, Marine & Ports — выставка и конференция по морским технологиям, Индия, Мумбаи; CHINA MARITIME — Международная морская выставка коммерческой, государственной и военно-морской индустрии, Китай, Гонконг; SMM ISTANBUL — Международная выставка и конференция по судостроению и морским технологиям, Турция, Стамбул; VIETSHIP — Международная выставка по судостроению, Вьетнам, Ханой; MARINTECH BANGLADESH — Международная выставка морского промышленного оборудования, судостроения и морских технологий, Бангладеш, Дакка; ASIA PASIFIC MARITIME — Международная выставка по судостроению и мор-

ским технологиям, Сингапур; SEA JAPAN — Международная морская выставка и конференция, Япония, Токио. Кроме того, прошли такие широко известные выставки, как: POSIDONIA, Греция, Афины; NAVALIA, Испания, Виго; SEAWORK INTERNATIONAL, Великобритания, Саутгемптон; MARINE VIETNAM, Вьетнам, Хайфон; NAVALSHORE, Бразилия, Рио-де-Жанейро; BLACK SEA PORTS & SHIPPING, Турция, Стамбул; ODESSA, Украина; SHIPTEC CHINA, Китай, Далинь; EURONAVAL, Франция, Париж; SEATRADE MIDDLE EAST MARITIME, ОФЭ, Дубай; OFFSHORE MARINTEC RUSSIA, Россия, Санкт-Петербург; INDO MARINE, Индонезия, Джакарта; В декабре состоится EXPONAVAL — Международная военно-морская выставка и конференция, Чили, Вальпараисо.

Нельзя также не упомянуть выставку НЕВА и Международный военно-морской салон, которые теперь пройдут в 2015 г.

Одной из самых представительных является SMM — крупнейшее международное событие в области судостроения и морских технологий. Каждые два года представители заинтересованных организаций со всего мира встречаются в Гамбурге для участия в SMM, где демонстрируют новинки судостроения, машинного оборудования и представляют инновации и новые морские технологии, в ходе конференций определяют перспективные направления. Впервые эта выставка открылась в 1963 г., а в этом году SMM прошла в 26-й раз.

Организатором выставки SMM-2014 выступала компания «Hamburg Messe und Congress GmbH». Мероприятие проводилось при поддержке основных профессиональных ассоциаций и организаций Германии: VSM German Shipbuilding and Ocean Industries Association; VDMA German Engineering Federation Marine and Offshore Equipment Ind.; VSiH Association of Marine Engineers, Hamburg; ZVEI German Electrical and Electronic Manufacturers Association.

В 2014 г. выставка SMM, прошедшая под девизом «Инновации», была как никогда представительной, в ней приняли участие более чем 2100 су-

доходных компаний, судостроителей и судовладельцев, проектных бюро и производителей судового оборудования и разработчики технологий со всего мира, из них 150 фирм участвовали впервые. Это компании из Египта, Ливана и Шри-Ланки, также Дубай впервые организовал национальный павильон. Был широко представлен азиатский рынок судостроения и судового снабжения. Свои впечатляющие стенды представили главные игроки азиатского рынка — Корея, Япония и Китай.

Всего на площади 90 000 м² разместилось около 2 000 экспозиций и 26 национальных павильонов. Число посетителей составило почти 50 000 человек.

Несмотря на западные санкции, иностранные представители проявляли огромный интерес к российской национальной экспозиции, в рамках которой Правительством Санкт-Петербурга был организован объединенный стенд предприятий города, где были представлены «Центральное конструкторское бюро трубопроводной арматуры», «НПФ «Меридиан» — ведущий российский производитель систем управления оружием, систем безопасности и пожар-

ной автоматики, «ЭлектроРадиоАвтоматика», «Компрессор», «ОМЗ-Спецсталь» — производитель современных материалов для судостроения, «Завод дизельной аппаратуры», «ЦНИИ судового машиностроения», ОАО «Звезда». Компания «Морские Навигационные Системы» также присутствовала на стенде Санкт-Петербурга.

10 сентября в рамках SMM–2014 прошел Global Maritime Environmental Congress с участием более 700 ведущих представителей промышленности, правительств, научных кругов, туризма и охраны окружающей среды, на котором председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга Максим Мейксин выступил с докладом «Санкт-Петербург — морская столица России», где рассказал о судостроительном и инвестиционном потенциале города. Он отметил, что доля Санкт-Петербурга в общем объеме судостроения РФ составляет около 30%, а за первое полугодие 2014 г. грузооборот Большого порта Петербурга достиг 30 млн т. Это около 10% грузооборота всех портов в России. Также он напомнил, что в Санкт-Петербурге находится более 40 организаций судостроительной

отрасли. «Продукция индустрии судостроения составляет более 20% всей машиностроительной и более 50% оборонной продукции, выпущенной в Санкт-Петербурге», — добавил чиновник. Кроме того, он отметил наличие в городе высококвалифицированных кадров, развитой инновационной инфраструктуры и положительного опыта работы иностранных инвесторов. В конце выступления М. Мейксин пригласил всех участников выставки SMM–2014 принять участие в Международном военно-морском салоне, 2015 г.

SMM–2014 еще раз показала, что значит быть ведущей международной выставкой морской индустрии. «Мы установили новые рекорды в этом году, — сказал генеральный директор и президент «Hamburg Messe und Congress GmbH» Berndt Aufderheide. — Эта ярмарка генерирует идеи и новый импульс для морской индустрии».

В этом году участие ЗАО «МНС» в выставке SMM–2014 носило в основном ознакомительный характер, однако в будущем мы намереваемся продемонстрировать участникам форума продукцию нашей компании, новые разработки и идеи. ■

2 декабря 2014 г. исполнилось 75 лет профессору Сергею Прокофьевичу Сирому, который более 38 лет успешно занимается педагогической и научной деятельностью в Военно-морской академии им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова.

В июле 1958 г. он был призван в армию. В 1961 г. поступил в ВВМУ им. М. В. Фрунзе, которое окончил в 1966 г. и был направлен на Черноморский флот, где проходил службу в должностях инженера военного телевидения, минера-артиллериста и минера. В 1971 г. поступил в Военно-морскую академию им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова, которую с отличием окончил по специальности «подводное морское оружие» и был оставлен в академии в должности начальника лаборатории при кафедре противолодочного, торпедного, минного, противоминного и противоподрыводиверсионного оружия. С 1976 г. — преподаватель, старший преподаватель. В 1985 г. С. П. Сирый защитил диссертацию с присвоением ему ученой степени кандидата технических наук.

С 1995 г. капитан 1 ранга С. П. Сирый — в запасе с оставлением при кафедре в должности доцента.

В настоящее время С. П. Сирый — профессор ВМА им. Н. Г. Кузнецова.

Он подготовил большой отряд специалистов, успешно проходящих службу на флотах и занимающих ответственные должности в научных и учебных заведениях, а также много иностранных специалистов для флотов своих стран.

К 75-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА С. П. СИРОГО



Научная деятельность профессора С. П. Сирого направлена на совершенствование образцов подводного вооружения, повышение эффективности учебно-воспитательного процесса, на развитие лабораторной базы академии.

С. П. Сирый — заслуженный работник высшей школы РФ (2001 г.), с 2002 г. — историограф Санкт-Петербургского Морского Собрания (СПб МС) и председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, а с 2006 г. и председатель секции истории Российского флота СПб МС. Член научного Совета Российского государственно-

го архива Военно-Морского Флота РФ. Заместитель начальника отдела Санкт-Петербургской епархии Русской Православной церкви по связям с ВМФ РФ.

Он соавтор учебника «Минное и противоминное оружие и его эксплуатация», автор девяти учебных пособий, в том числе «Радиоэлектроника подводных морских объектов», «Теория и эксплуатация контактных тралов и управляемых буксируемых устройств противоминного оружия» и др. Соавтор книги «За погружением всплытие», автор книги «Морские собрания России. История и современность» и монографии «Санкт-Петербургское Морское Собрание. История и современность» и др.

Награжден медалями РФ и орденами и медалями СПб МС.

Друзья, коллеги, ученики и члены Санкт-Петербургского Морского Собрания поздравляют Сергея Прокофьевича с 75-летием и желают ему долгого здоровья и творческих успехов.

Журнал «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям, желает Сергею Петровичу благополучия и надеется на дальнейшее сотрудничество. ■

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАДВОДНЫМ КОРАБЛЕМ И КОРАБЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

О. Н. Музыченко, д-р техн. наук, проф., гл. конструктор,
В. О. Свалов, канд. воен. наук, доцент, вед. инженер-программист,
ОАО «НПП «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0375 доб. 147

В настоящее время система вооружения надводного корабля формируется из автономных комплексов оружия и радиотехнических средств. Централизация и автоматизация управления оружием кораблей обеспечивается боевыми информационно-управляющими системами (БИУС) (рис. 1). Современные БИУС обеспечивают достаточно высокую степень автоматизации процессов управления оружием, вплоть до полностью автоматических режимов управления, например, ПВО корабля [1, 2].

Однако быстрое возрастание боевых возможностей и поражающего потенциала надводных кораблей малого и среднего водоизмещения ставит перед проектантами трудноразрешимую проблему размещения необходимого количества систем и комплексов оружия на корабле. Это требует кардинального уменьшения массы и габаритов корабельных систем и комплексов оружия, повышения их надежности, живучести и эффективности использования. Решение данной проблемы невозможно без интеграции систем корабельного оружия и комплексного использования всех информационных средств корабля в интересах любой из систем.

Огромное значение в современных условиях имеют экономические факторы, требующие снижения стоимости как систем и комплексов оружия надводных кораблей, так и их эксплуатации, сокращения личного состава, использующего (обслуживающего) эти системы и оружие, и снижения требований к его квалификации.

Наиболее эффективное направление решения указанных проблем – переход к созданию интегрированных систем боевого управления (ИСБУ) кораблей [3,4]. Такая система должна интегрировать функции как БИУС, так и всех комплексов оружия и радиоэлектронного вооружения корабля, обеспечить

в замкнутом цикле решение задач освещения и оценки обстановки, принятия решений и их реализации, а также существенно повысить степень автоматизации всех процессов управления кораблем и его вооружением.

Уровень развития современных вычислительных средств позволяет достичь высокой степени автоматизации процессов управления надводными кораблями и их вооружением, вплоть до полной автоматизации. Вместе с тем опыт проектирования и эксплуатации БИУС показывает, что для их эффективного использования требуется изменить подходы к корабельной организации и организации использования таких систем. Данная проблема еще более обострится при переходе к созданию интегрированных систем боевого управления надводных кораблей.

Автоматизация управления кораблями и их вооружением оказывается эффективной лишь в тех случаях, когда организация процесса управления в системе и распределение задач между автоматизированными рабочими местами полностью соответствуют организационно-штатной структуре и боевой организации на корабле, а последние полностью учитывают реализованные в системе подходы к решению задач управления. Существующая на кораблях организационно-штатная структура и боевая организация не адаптированы

к автоматизированному управлению надводным кораблем и его вооружением, а большинство действующих документов вообще не учитывают степень автоматизации процессов управления, обеспечиваемую современными информационно-управляющими системами. В результате возможности современных автоматизированных систем управления кораблем и его вооружением используются недостаточно, а эффективность автоматизации существенно снижается. Попытки в процессе проектирования информационно-управляющих систем обеспечить автоматизацию процессов управления в соответствии с существующей организацией на кораблях и боевыми документами оказываются нереализуемыми либо существенно снижают эффективность автоматизации. Указанные обстоятельства настоятельно требуют изменения организационно-штатной структуры перспективных надводных кораблей и их боевой организации. Необходимость таких изменений становится еще более актуальной в связи с предполагаемым переходом к созданию интегрированных систем боевого управления надводных кораблей. Для создания БИУС и ИСБУ перспективных и модернизируемых надводных кораблей целесообразно параллельно с разработкой указанных систем вести разработку организационно-штатной структуры и проектов боевых документов, учитывающих автоматизацию управления надводным кораблем и его вооружением в ходе боевой и повседневной деятельности.

Более того, необходимо создание электронных копий всех боевых и иных документов, которые должны использоваться личным составом в ходе боевой и повседневной деятельности, и обеспечение возможности их ввода в перспективные информационно-управляющие системы с электронных носителей.

Другой проблемой, требующей неотложного решения, является разработка формализованных директивных боевых документов по управлению силами (боевые распоряжения, предварительные боевые распоряжения, распоряжения по видам обеспечения, связи, скрытому управлению силами и др.). Отсутствие данных документов исключает возмож-

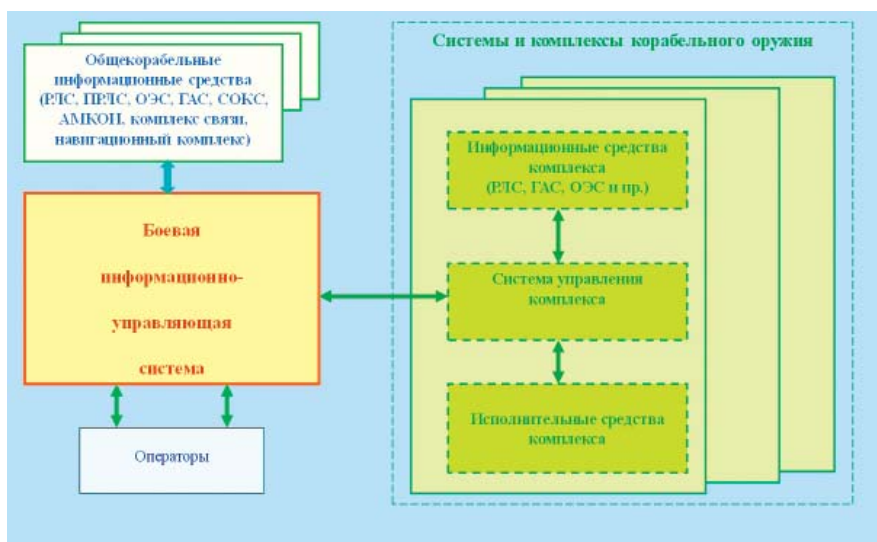


Рис. 1. Обобщенная структура системы вооружения надводного корабля

ность их автоматического ввода в информационно-управляющую систему через аппаратуру передачи данных или с внешнего носителя, а также автоматизированную обработку документов, что делает необходимым их ручной ввод и обработку оператором, значительно увеличивает затраты времени на разработку планируемых боевых документов на выполнение поставленных боевых задач (решений, планов и др.) и практически ликвидирует эффект автоматизации. Данные обстоятельства делают необходимой разработку полного комплекта формализованных боевых документов, обработка которых должна выполняться в БИУС и ИСБУ перспективных и модернизируемых надводных кораблей.

В перспективных информационно-управляющих системах при решении задач командного комплекса управления используются большие объемы информации, включающие:

- информационные ресурсы, позволяющие оценивать противника (данные о персональном составе командования, силах и средствах противника в районе выполнения поставленной задачи, способах тактических действий, составе вооружения кораблей, авиации, береговых объектов, данные об их ТТЭ, ТТД и ТТХ оружия и технических средств);
- информационные ресурсы, обеспечивающие оценку своих сил (данные о своих силах и средствах в районе выполнения поставленной задачи, составе вооружения кораблей, авиации, береговых объектов, данные об их ТТЭ, ТТД и ТТХ оружия и технических средств);
- информационные ресурсы, позволяющие оценить район выполнения поставленной задачи (данные о физико-географических и международно-правовых условиях, навигационно-гидрографической, гидрометеорологической, минной обстановке и др.);
- информационные ресурсы, обеспечивающие разработку и графическое оформление планирующих боевых документов (условные знаки кораблей, судов, самолетов, вертолетов, вооружений, районов действий, рубежей, тактических действий и т. д. для карт, схем своих сил и противника, аббревиатуры и др.);

- информационные ресурсы, обеспечивающие информирование об обстановке (данные о составе и состоянии приданных и поддерживающих сил);
- нормативно-справочные информационные ресурсы, в том числе:
 - нормативные документы по боевому применению сил флота;
 - ТТЭ и формуляр надводного корабля;
 - ТТХ, организация боевого использования и технического обслуживания оружия и технических средств;
 - ТТД, организация боевого применения вертолетов корабельного базирования;
 - нормативы технической готовности и нормы технического обеспечения оружия и технических средств;
- банк электронных карт.

В настоящее время каждый из разработчиков информационно-управляющих систем самостоятельно разрабатывает структуру и состав баз данных для указанных информационных ресурсов системы. Это приводит к значительным трудовым и финансовым затратам при проектировании и проведении испытаний систем и делает невозможной централизованное и автоматическое заполнение и корректировку соответствующих баз данных, а также их автоматическую актуализацию в процессе эксплуатации путем ввода в них информации с электронных носителей или через каналы обмена данными между кораблями и береговыми командными пунктами.

Ситуацию усугубляет отсутствие практически системы классификаторов. ВМФ предъявляет к разрабатываемым и модернизируемым информационно-управляющим системам лишь требования к общим принципам построения отдельных классификаторов. Отсутствие системы классификаторов не позволяет эффективно, с использованием возможностей современных информационных технологий проводить сопряжение средств АСУ различного уровня управления и предназначения.

Комплексная автоматизация управления ВМФ требует также наличия в ВМФ организационно-технической структуры, обеспечивающей автоматизированную актуализацию информации в АСУ различного уровня управления

с аутентификацией данных сверху вниз и снизу вверх для возможности корректировки соответствующих баз данных с внешних носителей или через автоматические системы обмена данными.

Для решения данной проблемы необходимо создание единой информационной модели баз данных АСУ органов управления ВМФ и корабельного состава в рамках единого информационного пространства. Для разработки системы классификаторов, единой информационной модели баз данных органов управления ВМФ, разработки концепции создания единой системы актуализации информации, а также для разработки прототипов соответствующих стандартных пакетов программного обеспечения, предназначенных для использования во всех разрабатываемых информационно-управляющих системах перспективных и модернизируемых кораблей, целесообразно проведение предприятиями промышленности и НИУ ВМФ совместной НИОКР.

Решение рассмотренных выше проблем позволит успешно и с меньшими затратами вести разработку информационно-управляющих систем, обеспечивающих высокую степень автоматизации управления надводными кораблями и их вооружением и удовлетворяющих всем требованиям ВМФ России. Кроме этого, кардинально упростятся процессы замены боевых документов вновь разработанными, а также актуализации баз данных

ЛИТЕРАТУРА

1. Копанев А. А., Музыченко О. Н. Модернизация БИУС «Требование-М» для кораблей ВМФ России. – Военное кораблестроение России. Кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы. – Тр. межотрасл. науч.-практ. конф. «ВОКОР 2011» №18–19 октября 2011 г., СПб., 2012, №5, С. 412–415.
2. Копанев А. А., Музыченко О. Н. «Требование-М» боевая информационно-управляющая система для Российского флота // Морские информационно-управляющие системы. – 2012. – № 1. – С. 8–15.
3. Землянов А. Б., Копанев А. А., Музыченко О. Н. Интеграция систем управления оружием кораблей // Морская радиоэлектроника. – 2008. – № 1 (23). – С. 14–21.
4. Музыченко О. Н., Черниченко О. Е. Принципы создания интегрированных систем боевого управления надводных кораблей // Информ.-анал. журнал корпорации «Фазотрон-НИИР». – 2013. – № 3 (22). – С. 23–29. ■

Безопасность движения кранового судна и, в частности, безопасность проведения крановых операций при загрузке судов с необорудованного берега, с судна на судно может рассматриваться как один из частных случаев предупреждения аварий движения судов [1]. Особенность данной задачи – возможность расчета плана крановой операции, что позволяет до ее начала обеспечить безопасность на всех этапах проведения этой операции.

ЗАО «Транзас» в 2013–2014 гг. разработало систему контроля и управления крановыми операциями для серии крановых судов пр. 02690, строящихся ОАО «СФ «Алмаз» по заказу ВМФ Рос-

сии. Система контроля и управления крановыми операциями (СКУ КО) предназначена для расчета плана крановой операции с учетом веса груза, ограничений по предельным значениям крена и дифферента и действующим ветроволновым возмущениям. Структура информационного взаимодействия компонентов СКУ КО приведена на рис. 1.

Система контроля и управления крановыми операциями включает автоматизированное рабочее место механика (АРМ М), автоматизированное рабочее место кранмейстера (АРМ Км) и панель визуализации в кабине крана. Автоматизированное рабочее место позволяет контролировать и управлять балластной системой кранового судна через приборы ввода/вывода (ПВВ) интегрированной системы управления техническими средствами (ИСУТС) этого судна. Автоматизированные рабочие места включают операторские станции с установленным на них специализированным программным обеспечением, в состав которого входит расчетный модуль

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КРАНОВЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ КРАНОВОГО СУДНА

В. М. Амбросовский, канд. техн. наук,

зам. гл. конструктора ЗАО «Транзас»,

Н. Б. Анисимов, гл. специалист ЗАО «ЦНИИМФ»,

И. С. Колтакова, инженер ЗАО «Транзас»,

И. М. Мухутдинов, нач. технического управления ОАО «СФ «Алмаз»,

А. А. Петров, зав. лабораторией ЗАО «ЦНИИМФ»,

А. Д. Степанов, инженер ЗАО «Транзас»,

контакт. тел. 8 (921) 423 9492, 8 (911) 101 4730

(РМ) балласта. Этот расчетный модуль определяет объем воды в балластных цистернах по данным датчиков давления, установленным в балластных цистернах, и по данным крена и дифферента, которые получают из системы измерения осадки (СИО). Основу СКУ КО составляет специализированное программное обеспечение – расчетный модуль системы контроля и управления крановыми операциями, осуществляющее обмен данными с использованием программного модуля управления обменом данными (УПР ОД). Это программное обеспечение СКУ КО разработано сотрудниками ЗАО «Транзас» и ЗАО «ЦНИИМФ».

Ядром расчетного модуля СКУ КО, разработанного в ЦНИИМФ, является типовая бортовая программа контроля посадки и остойчивости судна, в которую в качестве одной из статей переменных грузов включен грузовой кран с грузом на гаке. В расчетном модуле в контролируемые параметры остойчивости включены параметры, нормируемые

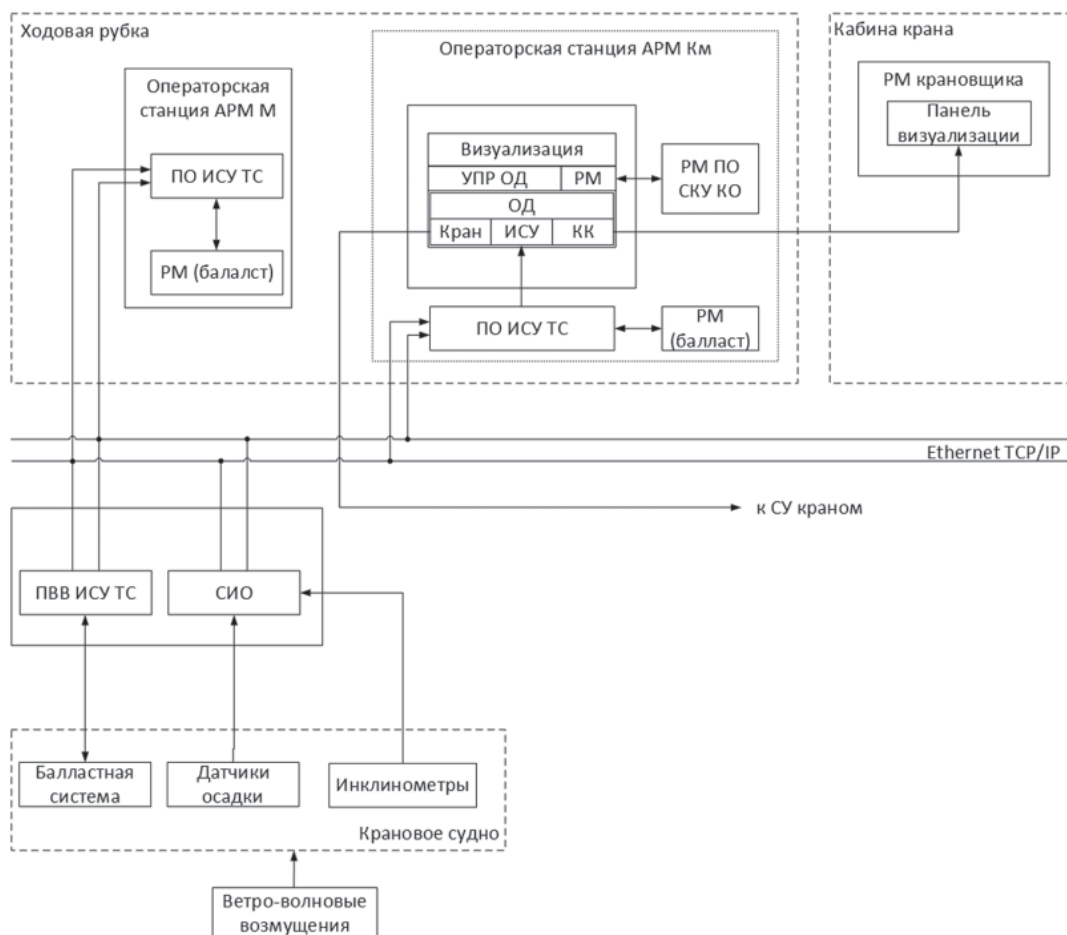


Рис. 1. Информационная структура системы контроля и управления крановыми операциями

требованиями Российского морского регистра судостроения [1, ч. IV] к остойчивости кранового судна в рабочем состоянии, а также требования фирмы-изготовителя крана в отношении допустимого вылета стрелы крана в зависимости от массы груза и погодных условий.

Координаты центра массы крана с грузом на гаке определяются в соответствии с положением его подвижных частей и в зависимости от угла поворота крана относительно диаметральной плоскости судна и угла подъема стрелы относительно палубы судна. Вся информация о переменной нагрузке судна – количество и расположение жидкого балласта, топлива, пресной воды, положение крана и груза – поступает с датчиков в специальную базу данных, из которой периодически считывается расчетным модулем, а все параметры посадки и остойчивости для текущего состояния нагрузки пересчитываются и обновляются в соответствующих полях той же базы данных, из которой в свою очередь они поступают для отображения на мониторах. Количество жидкости в мелких цистернах, не имеющих датчиков, определяется с помощью мерных колонок и измерительных линеек, показания которых оператор программы вводит вручную. Количество жидкости в цистернах определяется прямым расчетом объема цистерны, заданной достаточным количеством поперечных сечений, до уровня ватерлинии, заданной показаниями датчиков или мерных колонок и координатами точки нулевого отсчета. Параметры посадки и остойчивости для заданной нагрузки судна находят прямым расчетом погруженного объема и координат центра сил поддержания корпуса, заданного поперечными сечениями (по практическим шангоутам). Равновесное положение судна с учетом свободного перемещения жидких грузов определяется методом последовательных приближений.

Простое отображение текущих и допустимых значений большого числа контролируемых параметров остойчивости судна, особенно нормируемых Правилами РС, оценка которых требует необходимой теоретической подготовки оператора, не может рассматриваться как реальная практическая помощь экипажу в планировании и выполнении крановой операции.

Разработка единой и простой диаграммы допустимого вылета стрелы крана в функции от массы груза на гаке, в традиционном для плавкрана исполнении, также не представляется возможной в связи со следующей проектной особенностью рассматриваемого судна. Работа крана в режиме максимальной грузоподъемности невозможна без одновременного перемещения жидкого балласта в цистернах судна, соответствующего повороту крана. Иначе говоря, таких диаграмм допустимого вылета стрелы крана для каждого веса груза на гаке может быть столько, сколько существует вариантов балластировки судна, что сводит к минимуму удобство и эффективность их применения. Но именно простота и удобство контроля остойчивости необходимы для данного судна, так как при неправильных или даже неосторожных действиях экипажа возможно не просто ухудшение остойчивости с формальным нарушением требований к ней, а реальное опрокидывание судна.

Обеспечение безопасной работы крана достигнуто в программе путем использования двух типов круговых диаграмм контроля остойчивости, которые постоянно отображаются на экране монитора оператора крана и соответствуют принятому или планируемому весу груза на гаке. Первая отражает принципиальную возможность работы кранового судна с заданным грузом на гаке, а вторая – работы крана с заданным грузом на гаке при текущем состоянии нагрузки судна без изменения балласта. Обе диаграммы рассчитываются для углов поворота крана от 0 до 360 °С шагом в 10°. Допустимый вылет стрелы для каждого угла поворота крана при заданных условиях определяется методом последовательных приближений, найденному значению допустимого вылета стрелы соответствует критическое значение одного из нормируемых

параметров остойчивости при избыточных значениях других параметров.

Диаграмма первого типа (выделена синим цветом) – это диаграмма максимально возможного вылета стрелы (или радиуса переноса груза) для заданного веса груза и текущего состояния судовых запасов при наиболее благоприятном расположении жидкого балласта для каждого угла поворота крана. Эта диаграмма очерчивает зону допустимого вылета стрелы с заданным грузом на гаке при использовании всех вариантов балластировки судна. Она позволяет сразу оценить принципиальную возможность выполнения планируемой грузовой операции при реализации всех применимых требований к посадке и остойчивости кранового судна.

Диаграмма второго типа – это диаграмма допустимого вылета стрелы для заданного веса груза и текущего состояния судовых запасов и жидкого балласта. Она очерчивает зону возможного вылета стрелы (максимального – красная линия, минимального – желтая линия) с заданным грузом на гаке без изменения нагрузки судна (без перебалластировки).

В дополнение к этому программа позволяет рассчитывать балластировку и определять соответствующую зону допустимого вылета стрелы (диаграммы второго типа) для заданного веса груза и желаемого угла поворота крана.

Совокупность перечисленных возможностей программы в сочетании с интерактивным графическим интерфейсом позволяют оператору программы легко составить пошаговый план грузовой операции, прежде всего определить необходимое число шагов (этапов) грузовой операции и количество и размещение жидкого балласта на каждом этапе операции.

При определении допустимого вылета стрелы крана с грузом на гаке контролируется выполнение требований Российского морского регистра судостроения [2, ч. IV] к остойчивости кранового судна, а именно:

- угол крена судна от совместного действия груза на гаке, ветра и волнения должен быть не более угла входа палубы в воду или выхода скулы, что меньше, а также от их отдельного воздействия (с учетом параметров диаграммы остойчивости), и, кроме того, должны учитываться эксплуатационные ограничения поставщика крана (крен – не более 5° и дифферент – не более 2°, с учетом действия волнения и ветра);
- возвышение открытых отверстий над ватерлинией должно быть не менее 0,6 м, или $0,25 B$ (B – расчетная ширина судна), что больше;
- площадь диаграммы статической остойчивости от угла статического крена до угла максимума диаграммы должна быть (0,100 м·рад или больше по формуле);
- протяженность участков диаграммы остойчивости от угла крена до угла максимума – не менее 10° или до угла заката – не менее 20°;
- максимальное плечо диаграммы – не менее 0,25 м;
- опрокидывающий момент при обрыве груза и качке более чем в 2 раза превышает кренящий момент от ветра;
- возвышение открытых отверстий при динамическом крене в результате обрыва груза и действии ветра и качки – не менее 0,6 м или $0,25 B$, что больше.

При определении значений вышеуказанных параметров принято, что действие ветра всегда направлено в сторону наклона судна. Действие волнения учитывается через амплитуду качки, значение которой определяется по методике, изложенной в ч. IV Российского морского регистра судостроения [2].

С расчетами собственно судового крана можно познакомиться в ряде работ, например, в [3].

СКУ КО имеет развитый пользовательский интерфейс, структура видеокладов которого приведена на рис. 2.

Кратко рассмотрим работу системы контроля и управления крановыми операциями. Для планирования крановой операции необходимо задать следующие начальные



Рис. 2. Структура видеокадров

параметры в соответствующие поля на экране: вес груза; координаты начала (точка Н) и конца (точка К) грузовой операции – X и Y; высоту подъема груза h ; высота груза или препятствия Z; используемый подвес и полиспаст; параметры волнения; параметры ветра.

Вид окна «Расчет крановой операции» представлен на рис. 3.

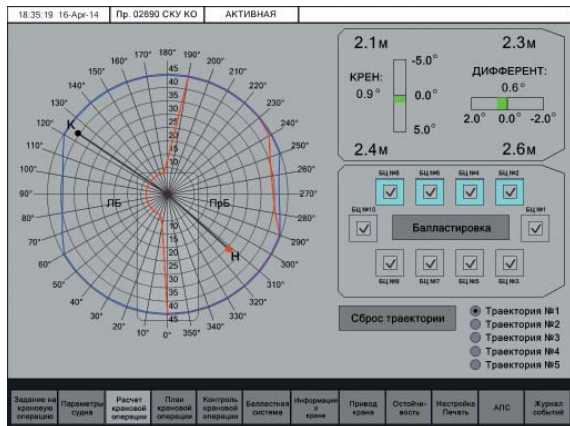


Рис. 3. Видеокадр «Расчет крановой операции»

На данном видеокадре отражены следующие расчетные данные: расчетная осадка судна в точках установки датчиков системы измерения осадки; расчетные крен и дифферент; диаграмма предельного вылета стрелы при рекомендуемой балластировке (красная линия); диаграмма предельного вылета стрелы для заданного веса груза (синяя линия).

В процессе расчета крановой операции и прорисовки траектории движения стрелы крана происходит автоматическое заполнение плана крановой операции на видеокадре «План крановой операции», приведенном на рис. 4.

В процессе расчета плана крановой операции для каждого этапа строятся диаграммы статической динамической устойчивости.

Панель визуализации на рабочем месте (РМ) крановщика в кабине крана позволяет ему оценивать безопасность проведения крановой операции с учетом текущих ветроволнений возмущений, контролировать предельный вылет стрелы, остойчивость, углы крена и дифферента судна, значения осадки судна в четырех точках и другой

18-41.17 16-Апр-14		Пр. 02890 СУУ КО		АКТИВНАЯ					
ВЕС ГРУЗА 100 т	Подъем груза	Балластировка в промежуточных положениях							Опускание груза
		1	2	3	4	5	6	7	
Угол поворота крана, гр.	311.8								
Вылет стрелы, м	30.8								
БЦ 1 мс	0.0								
БЦ 2 ЛБ	55.6								
БЦ 3 ЛБ	0.0								
БЦ 4 ЛБ	55.6								
БЦ 5 ЛБ	0.0								
БЦ 6 ЛБ	56.6								
БЦ 7 ЛБ	0.0								
БЦ 8 ЛБ	117.1								
БЦ 9 ЛБ	0.0								
БЦ 10 кар.	0.0								
Крен судна, гр.	0.9								
Дифферент, гр.	0.6								

Рис. 4. Видеокадр «План крановой операции»

информации. На панель визуализации также выводятся рекомендации по управлению краном, состояние балластной системы, электропитания крана. Вся информация разделена по видеокадрам, благодаря чему легко отделить наиболее важную информацию от второстепенной.

Основным видеокадром, предназначенным для крановщика, является видеокадр предельного вылета стрелы, приведенный на рис. 5.

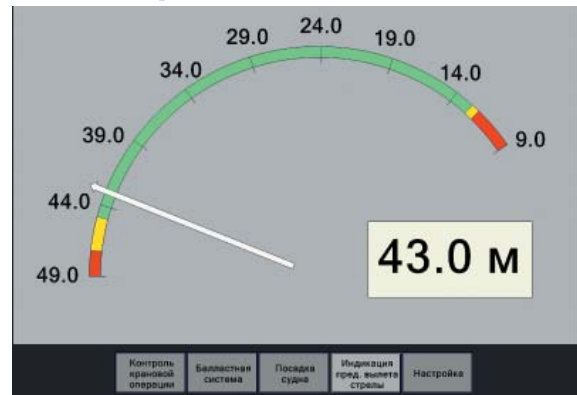


Рис. 5. Видеокадр «Индикация предельного вылета стрелы»

На этом видеокадре изображена шкала с диапазоном от минимального до максимального вылета стрелы. Зеленым выделен диапазон изменения вылета стрелы, который позволит сохранить остойчивость судна при текущем весе груза, высоте его подъема и состоянии балластной системы, красным и желтым цветами – диапазон изменения вылета стрелы, когда крен и дифферент судна достигнут опасных значений.

СКУ КО имеет развитую систему аварийно-предупредительной сигнализации, которая выводит сообщения на операторскую станцию кранмейстера и панель визуализации крановщика. Все видеокадры операторских станций и панелей визуализации имеют дневную и ночную палитры, позволяющие работать с системой в разное время суток.

В настоящее время предложенная СКУ КО проходит наладку и проверку работоспособности на борту кранового судна. Несмотря на то, что система разработана для конкретного кранового судна, она может быть использована на других крановых судах и плавкранах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросовский В. М. Система предупреждения аварий движения морских подвижных объектов // Морская радиоэлектроника. – 2013. – № 3 (45). – С. 46–49.
2. Правила классификации и постройки морских судов. – Т. 1. – СПб.: РМРС, 2012. – 488 с.
3. Иванова М. А. Многофункциональный судовой кран // Морской вестник. – 2007. – № 3 (23). – С. 62–65. ■

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*Р.Д. Куликов, аспирант СПб НИУ ИТМО, менеджер ОАО «Армалит-1»,
контакт. тел. (812) 459 4555*

Главная цель создания комплексной системы защиты информации (КСЗИ) – достижение ее максимальной эффективности за счет одновременного использования всех необходимых ресурсов, методов и средств, исключающих несанкционированный доступ к защищаемой информации и обеспечивающих физическую сохранность ее носителей.

При построении КСЗИ в первую очередь необходимо определить объект информатизации. Согласно ГОСТ Р 51275–2006 объектом информатизации является совокупность информационных ресурсов, средств и систем обработки информации, используемых в соответствии с заданной информационной технологией, средств обеспечения объекта информатизации, помещения или объекты (здания, сооружения, технические средства), в которых они установлены, или помещения и объекты, предназначенные для ведения конфиденциальных переговоров» [1]. Таким образом, КСЗИ – это единая система, охватывающая все предприятие и включающая организационно-правовые и организационно-технические методы защиты информации.

ОАО «Армалит-1» как современное предприятие представляет собой сложную систему, основными особенностями которой являются: высокая техническая оснащенность; широкие кооперационные связи; потребность в увеличении доступности информации; сложная организационная структура.

Перечисленные особенности так или иначе влияют на методы и средства, применяемые при создании КСЗИ. Так возникает целый ряд проблем, связанных с обеспечением сохранности и установленного статуса информации, циркулирующей и обрабатываемой на предприятии. При этом необходимо в процессе создания КСЗИ исключить возможность несанкционированного доступа не только злоумышленников, но и некомпетентных и недостаточно подготовленных пользователей и персонала, а также возникновения нештатных ситуаций технического характера.

КСЗИ представляет собой сложную систему, работающую в условиях неопределенности и требующую значительных материальных затрат. Исходя из этого, следует определить основные принципы построения КСЗИ. Во-первых, это принцип законности, т.е. соответствия принимаемых мер законодательству РФ, во-вторых, принцип полноты защищаемой информации. защите подлежит не только информация, представляющая собой государственную или коммерческую тайну, но и информация об ее унич-

тожении, модификации, передаче третьим лицам, что повлечет за собой ущерб для организации. Здесь следует отдельно отметить, что соблюдение принципа полноты может повлечь за собой избыточность защищаемой информации. Для того чтобы этого не происходило, при создании перечня информации, отнесенной к конфиденциальной, необходимо учитывать отношение возможных потерь при реализации угроз и средств, которые необходимо потратить на защиту от этих рисков. Исходя из этого, можно говорить о принципе обоснованности, в соответствии с которым средства, затраченные на защиту информации, не должны превышать возможных потерь при несанкционированном доступе (НСД).

Также при создании КСЗИ следует создавать специализированные подразделения, которые могут разрабатывать и внедрять мероприятия по защите информации (ЗИ), а также контролировать их выполнение. Помимо этих принципов следует отметить принцип участия в ЗИ всех соприкасающихся с нею лиц и принцип персональной ответственности, что позволит существенно повысить качество защиты. И последний принцип превентивности принимаемых мер предполагает заблаговременное принятие мер по ЗИ.

Следующим шагом построения КСЗИ является выработка политики безопасности, которая должна охватывать все особенности процесса обработки информации на конкретном предприятии и определять поведение системы в различных ситуациях. На этом этапе необходимо провести учет информационных и материальных ценностей, смоделировать возможные угрозы информационной системе, а также проанализировать риски с использованием того или иного метода ЗИ. Основу политики безопасности составляет способ управления доступом, определяющий порядок доступа субъектов к объектам системы.

Различают два вида политик безопасности: избирательная и полномочная.

Избирательная политика безопасности основывается на том, что права доступа субъекта к объекту определяются на основе некоторого правила. Она широко распространена в коммерческом секторе из-за своей простоты

и надежности. Полномочная политика безопасности, в свою очередь, основывается на присвоении объектам меток критичности, определяющим ценность содержащейся в них информации. Метки организуются в иерархическую структуру, и на ее основе субъектам предоставляется доступ.

После выработки политики безопасности необходимо определиться с объектами защиты. Ими являются носители информации, например, бумажные носители (текст, чертеж, схема и др.), магнитные носители (аудиокассеты, ленточные библиотеки резервного копирования), оптические носители (лазерные диски и др.), технологические процессы изготовления продукции, физические поля (электромагнитные поля).

ОАО «Армалит-1» как предприятие с полным циклом производства и высокой технической оснащенностью работает со всеми перечисленными носителями информации. Кроме того, объектами защиты на ОАО «Армалит-1» являются помещения, в которых расположены носители, содержащие конфиденциальную информацию. Такие помещения должны защищаться от несанкционированного проникновения, визуального наблюдения за носителями, а также от прослушивания ведущихся в них конфиденциальных переговоров. Кроме того, объектами защиты являются средства передачи, обработки, отображения конфиденциальной информации, такие как персональные компьютеры, копировально-множительная техника и др. Они должны защищаться от побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН), несанкционированного подключения, электронных закладок, нарушения режима работы. Другие объекты защиты на предприятии – это средства кабельной связи, системы обеспечения функционирования предприятия (водо-, электро-снабжение).

Далее следует определить источники и способы дестабилизирующего воздействия (угрозы) на информацию. Угроза защищаемой информации – это совокупность явлений, факторов и условий, создающих опасность нарушения статуса информации. По отношению к КСЗИ все множество угроз можно разделить на внутренние и внешние. Основными источниками

дестабилизирующего воздействия на информацию являются люди, технические средства, технологические процессы на предприятии, природные явления. При этом самый распространенный источник угроз – люди. Это могут быть сотрудники предприятия (инсайдеры), лица, не работающие на предприятии, но имеющие доступ к конфиденциальной информации компании в силу каких-либо причин (например, кооперационные связи), сотрудники конкурирующих отечественных и зарубежных компаний, а также лица, относящиеся к криминальным структурам. Дестабилизирующее воздействие может проявляться в виде утечки, блокирования, уничтожения или искажения информации.

Угрозы конфиденциальной информации могут быть реализованы, поскольку в любой информационной системе присутствуют каналы утечки информации. Их формы могут быть самыми разными, например:

- контакт с лицами имеющими доступ к защищаемой информации;
- удаленное подключение к средствам передачи, отображения, или обработки информации;
- прослушивание речевой конфиденциальной информации;
- физическое проникновение;
- вербовка или внедрение агентов;
- перехват электромагнитных излучений;
- исследование выпускаемой предприятием продукции;
- подключение к системам обеспечения производственной деятельности предприятия;
- анализ архитектурных особенностей;
- анализ открытых источников [2].

Особо стоит рассмотреть последний пункт. Несмотря на кажущийся парадокс, именно анализ открытых источников – наиболее легким способом получения конфиденциальной информации. Целью изучения каталогов и листовок, научных публикаций, прослушивания публичных выступлений является не только получение непосредственно конфиденциальной информации, но и накопление и обобщение открытой информации.

Анализ открытых источников позволяет при должных навыках относительно легко получить сведения конфиденциального характера, без применения дорогостоящих технических средств. Защита от такого канала утечки – создание жесткого алгоритма публикации информации в открытых источниках, который должен включать процесс согласования материалов, чтобы публикуемая информация не содержала прямых или косвенных

ссылки на информацию конфиденциального характера, и контроль мест размещения информации.

Все каналы утечки данных можно разделить на косвенные и прямые. *Косвенные каналы* не требуют прямого доступа к техническим средствам информационной системы (перехват электромагнитных излучений). *Прямые*, соответственно, требуют доступа к аппаратному обеспечению и данным информационной системы (инсайдеры). Чаще всего для преднамеренного доступа к конфиденциальной информации используют технические средства промышленного шпионажа, такие как средства акустического контроля, микрофоны, аппаратура для съема информации с окон, электросетевые подслушивающие устройства, приборы для съема информации с телефонной линии связи, системы наблюдения и передачи видеоизображений, средства радиоперехвата и приема побочных электромагнитных излучений, и наводок.

Методы защиты конфиденциальной информации, как уже было сказано, делятся на организационно-технические и организационно-правовые. Первая группа представляет собой инженерно-технические методы, которые, в свою очередь, состоят из четырех категорий и являются неотъемлемой частью любой КСЗИ:

1. Физические средства, т.е. средства, которые препятствуют физическому проникновению в запретную зону, состоят из охранной сигнализации, системы контроля и управления доступом (СКУД), системы видеонаблюдения.

2. Средства шифрования или криптографические методы защиты. Ярким примером криптографической защиты является широко применяемый комплекс КриптоПРО.

3. Программное обеспечение, направленное на защиту информации от несанкционированного доступа (НСД). В эту категорию входят антивирусы, сканеры, системы мониторинга за трафиком, межсетевые экраны и др.

4. Аппаратные средства, представляющие собой различные технические решения для защиты от утечки, модификации или уничтожения информации. Например, это могут быть генераторы и излучатели виброакустической защиты, электронные замки, скремблеры, средства аутентификации и др.

Совокупность перечисленных средств защиты конфиденциальной информации позволяет контролировать возможные каналы ее утечки и оперативно реагировать на штатные ситуации на предприятии.

На ОАО «Армалит-1» хранение, обработка и передача информации в большей степени основаны на компьютерных системах (КС). Именно поэтому обеспечению защиты конфиденциальной информации в КС необходимо уделить особое внимание. КС, используемые для обработки конфиденциальной информации, должны выполнять определенный набор функций: обеспечивать целостность информации и ее защиту от уничтожения, аутентификацию пользователя, разграничение доступа к информации, шифрование и электронную цифровую подпись. Для этих целей наиболее подходят полностью контролируемые КС. При этом для надежности такой КС следует применять программные и аппаратные методы защиты, так как, например, проверка целостности одних программ при помощи других ненадежна. На практике для повышения защищенности КС функции проверки целостности, аутентификации пользователя, криптографические функции как ядро системы безопасности реализуются аппаратно, а все остальные функции – программно. К сожалению, для построения надежной КС необходимо владеть полными знаниями о конкретной операционной системе (ОС), под управление которой работает система. На сегодняшний день отечественные разработчики владеют информацией только об одной из распространенных ОС – DOS. Отсюда можно сделать вывод, что полностью контролируемую КС можно построить лишь на основе устаревшей DOS или ОС собственной разработки [3].

Современные системы защиты КС от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации позволяют реализовать максимальное число защитных механизмов. В их числе:

- идентификация и аутентификация пользователей;
- разграничение доступа к файлам, каталогам, дискам;
- контроль целостности программных средств и информации;
- возможность создания функционально замкнутой среды пользователя;
- защита процесса загрузки ОС;
- блокировка компьютера на время отсутствия пользователя;
- криптографическое преобразование информации;
- регистрация событий;
- очистка памяти.

Важный аспект данного функционала – аутентификация пользователя. Так, программные системы защиты в качестве идентификатора используют, как правило, только пароль, но он

может быть перехвачен специальными программами или пользователь может сам его непреднамеренно скомпрометировать. Для того чтобы повысить степень защищенности КС, применяют двухфакторную аутентификацию, т.е. метод идентификации пользователя при помощи запроса аутентификационных данных двух разных типов, что обеспечивает двуслойную, а значит, более эффективную защиту от несанкционированного проникновения. На практике это выглядит так: первый рубеж – это логин и пароль, второй – специальный код (генерируемый специальным брелком), USB-ключ или более экзотичные биометрические данные пользователя и электромагнитные татуировки.

В компьютерных системах происходит не только создание и обработка информации, но и ее хранение. Сегодня для хранения большого объема информации, а также достижения максимального уровня доступности, производительности и гибкости конфигурации применяют сети хранения данных (СХД). СХД (Storage Area Network, или SAN). Это высокопроизводительные и очень надежные сети, предназначенные прежде всего для обеспечения связи и обмена между компьютерами и любыми устройствами хранения (дисками, RAID-массивами и ленточными библиотеками). Создав SAN, можно обеспечить доступ к устройствам хранения, находящимся на большом расстоянии от серверов, с минимальной потерей производительности. Это достигается благодаря тому, что при создании протокола Fibre Channel, который является основой SAN, закладывалась возможность передавать данные между серверами и устройствами хранения по оптоволоконным линиям с большой скоростью на десятки километров. Высокая пропускная способность SAN обеспечивает скоростную репликацию данных. Кроме того, топология SAN строится независимо от LAN сети, что позволяет повысить ее защищенность. К основным преимуществам SAN можно отнести:

- независимость топологии;
- удобное централизованное управление;
- отсутствие конфликта с трафиком LAN/WAN;
- удобное резервирование данных без загрузки локальной сети и серверов;
- высокое быстродействие;
- высокая масштабируемость;
- высокая гибкость;
- высокая готовность и отказоустойчивость [4].

Таким образом, создание SAN позволит многократно повысить степень защищенности хранимой конфиденциальной информации, например, архива с чертежами изделий. Минусы SAN на сегодня – ее стоимость и необходимость в высококвалифицированном персонале для обслуживания.

Кроме превентивных методов ЗИ в КС, для обеспечения требуемых характеристик сети и предотвращения негативных последствий ошибок используют систему мониторинга. Для того чтобы максимально быстро найти и устранить ошибку в сети, необходимо постоянно проводить сбор информации. Реализуется это посредством специального программного обеспечения, которое собирает сведения от подключенных устройств при помощи протокола управления сетью (Simple Network Management Protocol, SNMP) и спецификации интерфейса управления хранилищами (Storage Management Interface Specification, SMI-S). Альтернативой программному обеспечению, следящему за сетью, являются аппаратные зонды, принимающие всю информацию в реальном времени и оценивающие ее. Аппаратные зонды представляют собой специальные сборщики данных, которые при помощи пассивной тестовой точки доступа (Test Access Point, TAP) получают информацию непосредственно из канала. Комбинация программного и аппаратного методов мониторинга позволяет оптимизировать работу КС, а возможности оповещения, отчетов и записи решают вопрос с поддержанием работоспособности.

Как было сказано выше, помимо организационно-технических существуют организационно-правовые методы защиты информации. Они регламентируют процессы создания и эксплуатации информационных объектов, взаимодействия пользователей и систем таким образом, чтобы несанкционированный доступ к информации становился либо невозможным, либо был существенно затруднен. Организационно-правовые методы ЗИ охватывают все компоненты информационных систем на всех этапах их жизненного цикла.

Также к организационно-правовым методам ЗИ относятся кадровое обеспечение КСЗИ. Согласно статистике, около 70% всех нарушений, связанных с безопасностью информации, совершаются именно сотрудниками предприятия. Таким образом, при их подборе для работы с конфиденциальной информацией необходимо применять методы изучения потенциальных

кандидатов, прежде всего их жизненного пути; ближайшего окружения; мнения коллектива, в котором работает или работал кандидат, и создавать ситуацию, наиболее подходящую для проявления профессионально важных качеств и свойств.

Кроме того, к организационно-правовым методам ЗИ относится разработка кодекса корпоративного поведения сотрудников. Чтобы преследуемые цели повышения защищенности конфиденциальной информации были адекватно восприняты, они должны быть разумными и соответствовать представлениям сотрудников о правдивости, чему способствует изучение и понимание корпоративной культуры. Подсознательного неприятия или же открытого противодействия политике безопасности можно избежать, если вовремя провести наблюдение, которое должно показать преобладающий тип корпоративной культуры структурных подразделений. Он может варьироваться в зависимости от функциональных, возрастных, профессиональных или иных особенностей.

Создание КСЗИ – трудоемкий процесс, требующий вовлечения практически всех подразделений предприятия. КСЗИ представляет собой действующие в единой совокупности законодательные, организационные, технические и другие меры, обеспечивающие ЗИ. Именно построение комплексной системы может сделать организацию защиты наиболее эффективной. И последнее: ни одна система защиты не является абсолютно надежной, так как средства, потраченные на получение доступа к конфиденциальной информации, ограничиваются лишь стоимостью самой информации. Поэтому необходимо постоянно осуществлять мониторинг и развивать функционирующую на предприятии систему защиты информации.

ЛИТЕРАТУРА

5. ГОСТ Р 51275 – 2006 Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения.
6. *Гришина Н.В.* Организация комплексной системы защиты информации. – М.: Гелиос АРВ, 2007. – 256 с.
7. *Завгородний В.В.* Комплексная защита информации в компьютерных системах. – СПб.: Логос, 2001. – 264 с.
8. *Tate Jon, Cartwright Brian, Cronin John, Daprich Christian.* IBM SAN Survival Guide. – IBM RedBooks, 2003. – 727 с. ■

Ученые и эксперты спорят об общем объеме месторождений на дне континентального шельфа. По оценкам Министерства природы РФ, только в отечественном арктическом секторе можно извлечь 15 млрд т нефти и почти 85 трлн м³ газа. При этом лишь на территории Баренцева моря, разграниченной между Россией и Норвегией, запасы углеводородов оцениваются в 7,6 млрд т условного топлива.

Однако разведка, добыча и последующая транспортировка нефти и газа, находящихся на значительной глубине

и в суровых климатических условиях, требуют не только колоссальных инвестиций (по оценкам специалистов компании «Роснефть», для освоения российской части шельфа до 2050 г. потребуется около 2,5 трлн. долл. США), но и принципиально новых инновационных технологий. В конце концов, приарктическим странам просто объективно не избежать совместных проектов исследования морских глубин, разработки технологий нефте- и газодобычи в экстремальных условиях. Новизна состоит в том, что разведка и добыча уходят все дальше от берега, а воды Северного Ледовитого океана опасны для бурения из-за крайне низких температур, долгих полярных ночей, густых туманов и мощных ветров, достигающих ураганной силы. Повсеместно распространенный ледовый покров, сохраняющийся от восьми до девяти месяцев в году, может помешать продвижению спасательных судов в случае нерегулируемого выброса (в том числе в результате подводной диверсии) из скважины или пожара на платформе. Кроме того, от этой хрупкой естественной среды обитания зависит жизнь многих видов водных и наземных животных (китов, белых медведей и др.).

Например, только для обеспечения ввода в эксплуатацию Штокманского, Киринского, Южно-Киринского и Мынгинского газоконденсатных месторождений, а также Приразломного и Долгинского нефтяных месторождений необходимо до 2020 г. пробурить свыше 130 эксплуатационных скважин.

Естественно, что для успешного освоения шельфовых месторождений необходимо специализированное подводное оборудование, которое может обеспечить надежную добычу углеводородов в течение всего периода разработки месторождения. К сожалению, российская промышленность пока не подготовлена к выпуску такой продукции, поэтому на начальном этапе обустройства Штокмановского и Киринского месторождений будет применяться импортное подводное оборудование с последующей передачей международного опыта российским производителям.

В целях дальнейшего развития и повышения конкурентоспособности отечественного судостроения в соответствии с рядом указов и поручений Президента РФ разработана и утверждена «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и на дальнейшую перспективу». Комплексное решение проблем отечественного гражданского судостроения во исполнение решений Президента РФ и в целях создания конкурентоспособной морской техники новых поколений путем преодоления отставания в научно-техническом и технологическом развитии от уровня передовых стран будет осуществлено во многом в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг.

Выполнение этой программы в полном объеме позволит разработать комплексные проекты морских платформ для освоения месторождений нефти и газа на Арктическом шельфе, газозовозов и крупнотоннажных танкеров ледового плавания, мощных арктических ледоколов нового поколения и других не менее важных для страны объектов морской техники, создать научно-технические предпосылки для производства конкурентоспособных высокоэкономичных судов и плавсредств

ПОИСК УГЛЕВОДОРОДОВ НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

С. А. Бахарев, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,

А. В. Добровольский, зам. нач. отдела,

С. Е. Новиков, нач. отдела,

А. В. Рогожников, директор инженерингового центра гражданской морской техники,

*В. В. Савенкова, инженер 1-й категории, ОАО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. 8 (495) 334 9220, 353 6273*

гражданского назначения для морского, речного, рыболовного флотов и отраслей, осуществляющих добычу минеральных и энергетических ресурсов Мирового океана и шельфа.

Освоение ресурсов шельфа связано с многочисленными рисками, спектр которых очень широк. Реализация шельфовых проектов добычи, хранения, переработки и транспортировки углеводородов является одним из наиболее опасных видов деятельности. Каждый из элементов морской системы объектов разведки, добычи и транспортировки углеводородов в соответствии с международной классификацией относится к опасным и особо опасным объектам. Это понятие применимо как к морским платформам, заводам по производству сжиженного природного газа, компрессорным станциям, так и к погрузочно-разгрузочным терминалам, танкерам-газовозам и другим объектам нефтегазового комплекса.

В работах [6–11] более подробно рассмотрены разработанные нами инновационные технологии, направленные на решение целого спектра прикладных задач, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых (преимущественно углеводородов). В данной работе детально остановимся на проблеме поиска полезных ископаемых на северных и арктических территориях.

В общем случае основными источниками информации о геологическом строении дна Мирового океана являются результаты геофизических и, прежде всего, сейсмических исследований [1,2]. В настоящее время сформировались три достаточно четко выраженных направления морских геолого-геофизических исследований:

- поиски и разведка залежей углеводородов (УВ-залежей): нефти, газа и газогидратов на шельфе и материковом континентальном склоне (предмет нашего обсуждения);
- поиски, разведка и добыча различного вида конкреций – богатых металлических руд с поверхности дна Мирового океана;
- поиски и разведка россыпных месторождений золота, олова, алмазов и др. в прибрежной полосе шельфа.

С учетом увеличивающейся сложности и стоимости бурения в настоящее время все большее значение приобретают технологии, позволяющие увеличить коэффициент достоверности прогнозирования УВ-насыщенности. 3D (4D)-сейсморазведка, предоставляя богатейший материал для анализа преобразованного геологической средой поля упругих колебаний сейсмоакустического источника излучений, но не дают абсолютно достоверной информации, очень дороги и в ряде случаев по стоимости сравнимы с бурением. Вместе с тем не снижается и процент пробуренных «пустых» скважин, что в немалой степени обусловлено сложностью строения исследуемых сейсморазведкой нефтегазоперспективных объектов. Выход из этой ситуации видится как в разработке новых методик и технологий обработки всех характеристик регистрируемых сигналов, так и в комплексировании данных сейсморазведки с данными других методов: геохимии, гравиметрии и т. д., а также с поиском новых информационных признаков в данных сейсморазведки.

По нашему мнению, возможность повышения достоверности прогноза находится на пути поисков эффектов, непосредственно связанных только с флюидонасыщенностью пласта и не имеющих иной интерпретации. Некоторые из направлений этого поиска уже определены [2], а другие [3–5,12] лишь намечаются. Но эти продвижения, несомненно, приведут к тому, что путь, соединяющий измеренную величину и заключение специалиста о продуктивности недр, станет короче.

В процессе поиска и разведки УВ-месторождений в конечном итоге необходимо ответить на три главных вопроса:

- где коллектор (соответствующая геолого-геофизическая структура)? Ответ на этот вопрос дают технологии сейсморазведки [1];

- есть ли в коллекторе УВ? Ответ на этот вопрос дают прямые геофизические методы поисков УВ-залежей [2–5,12];

- куда поставить скважину, чтобы обеспечить максимальный приток УВ? Ответ на этот вопрос дают прямые геофизические методы поисков [2] и новые методы получения – на принципах нелинейной гидроакустики и обработки сейсмоакустической информации о трещиноватости геосреды [3–5,12].

Проведенный анализ многолетнего использования прямых методов поисков УВ-залежей [2] показывает [12], что они решают рассматриваемую задачу и с вероятностью не хуже 80% дают ответ на поставленный вопрос. За прошедшие почти 15 лет по технологии предложенной в [2], исследованы сотни поисковых объектов, доразведано и открыто более 20 месторождений УВ в РФ и за рубежом. При этом стоимость услуг составляет 30 – 40% от стоимости 3D-сейсморазведки на глубинах исследований до 7–8 км. Основная трудность заключается в практической реализации метода [2] в морских условиях: на относительно глубоководной (более 100 м) акватории, при подводных течениях и неблагоприятных метеорологических условиях. Выход из этой ситуации видится в дополнительном использовании подводных робототехнических средств [6,7] для постановки–съемки автономных донных станций (АДС) с трактами регистрации различных (акустических, электромагнитных и др.) физических полей, а также в обеспечении непрерывного приема сигналов собственной (СМСИ) и индустриальной (ИМСИ) микросейсмической в условиях движущегося над УВ-залежью подводного гидрофизического судна (ПГФС).

Известно [1], что в морских сейсмических исследованиях пневмоизлучатели (ПИ) и сейсмокоды (ССК) буксируются за научно-исследовательским судном (НИС) вдоль линии профиля. В глубоководных районах НИС движется с постоянной скоростью, излучая и принимая сигналы. В мелководных районах ССК буксируются НИС над дном в режиме с остановками (старт-стопный режим) для уменьшения влияния низкочастотных (НЧ) подводных акустических и гидродинамических помех [1].

Как было отмечено ранее [2,8], основными недостатками обширной 2D-сейсморазведки и трехмерной 3D-сейсморазведки являются:

- невозможность обнаружения собственных излучений УВ, находящихся в диапазоне частот от долей Гц до 2–3 Гц, из-за того, что нижняя граничная частота составляет 10 Гц;
- невозможность обнаружения наведенных, являющихся откликом на внешнее упругое воздействие, излучений УВ, находящихся в диапазоне частот от десятых долей Гц до 2–3 Гц из-за того, что нижняя граничная частота составляет в лучшем случае 5 Гц;

- использование косвенной информации, причем даже не в поле отраженных акустических волн – наиболее информативных, а в поле преломленных волн;

- низкая достоверность полученной информации из-за использования ненаправленного излучателя с дискретными во времени и неуправляемыми параметрами сигналами, т. е. из-за использования импульсных сигналов случайной формы – типа взрыв;

- низкая достоверность полученной информации из-за использования дискретных в пространстве приемных антенн (приемники сведены в группы и т. д.), обладающих относительно низкой направленностью и имеющих относительно узкий: от 5 до 2000 Гц диапазон рабочих частот;
- низкая производительность поиска из-за низкой (2–3 уз) скорости буксировки ССК;
- низкая достоверность способа из-за сложности в интерпретации полученных в нелинейных средах (морская вода, слой осадков и т. д.) результатов и др.

В последние годы наряду с буксируемыми ССК начинают шире применяться донные ССК, а также автономные донные сейсмические станции (АДСС), которые в комплексе с другими геофизическими системами могут использоваться при проведении региональных работ на море по сети государственных опорных профилей. Регистрируя весь спектр сейсмических волн, АДСС позволяют выполнить исследования различными физическими методами (МПВ-ГСЗ, МОВ-ОГТ и др.) на всех этапах геологоразведочных работ.

К основным недостаткам способа поиска УВ по их собственной эмиссии с помощью АДСС можно отнести:

- невозможность реализации способа при одновременной работе с ПИ по технологиям 2D/3D из-за ограниченного динамического диапазона их приемных трактов;

- невозможность обнаружения наведенных, являющихся откликом на внешнее упругое воздействие излучений углеводородов, находящихся в диапазоне частот от десятых долей Гц до 2–3 Гц из-за ограниченного динамического диапазона их приемных трактов и ограниченного сверхчастотного диапазона;

- низкую производительность способа из-за необходимости постановки большого количества АДСС, а также последующего анализа полученной информации на борту НИС;

- низкую оперативность способа, из-за длительности процессов получения, съема и обработки информации;

- низкую надежность способа из-за возможных потерь АДСС и др.

Тем не менее, в настоящее время прослеживаются следующие концепции создания комплекса сейсморазведочного оборудования ПМС для всепогодной 2D/3D съемки преимущественно на Арктическом шельфе РФ:

- способом установки на дне моря с помощью ТНПА ПМС сети АДСС и последующей передачи для обработки архивированных данных на ПМС. Основными недостатками, на наш взгляд, являются: низкая производительность работ, значительные финансовые и временные затраты, необходимость проведения последующей обработки полученной информации, низкая техническая надежность элементов системы: АДСС – ТНПА, возможность несанкционированного снятия информации и др.;

- способом подводной буксировки ПИ и системы из шести длинномерных (до 10 км) ССК при его лаговом перемещении (полный аналог надводной 2D/3D-сейсморазведки). Основными недостатками, на наш взгляд, являются существенное усложнение конструкции ПМС, сложность (близкая к нереальности), постановки и выборки ССК, ограничения в подводном маневрировании ПМС и др.;

- способом подводной буксировки ПИ и одной длинномерной ССК при маршевом перемещении ПМС, а также использованием сети АДСС. Основными недостатками этого, более эффективного способа, являются недостаточная производительность работ, необходимость проведения последующей обработки полученной с помощью АДСС информации, низкая техническая надежность элементов системы: АДСС–ТНПА, возможность несанкционированного снятия информации и др.

Основная идея нашей концепции состоит в отказе от использования длинномерных ССК (ограничивающих нави-

гационную безопасность мореплавания ПМС и т. д.), АДС (не позволяющих вести постоянный контроль над ними и т. д.) и в комплексном и более широком использовании возможностей современного подводного кораблестроения: ПМС, достижений подводной робототехники: автономных подводных аппаратов, в том числе обитаемых (ОПА), и ТНПА, а также современных методов и средств конверсионной акустики и нелинейной гидроакустики, в частности. То есть речь идет о применении мобильной передвижной подводной системы: ПМС–ОПА и ТНПА–малогобаритные буксируемые устройства с высоконаправленными широкополосными излучающими и приемными гидроакустическими системами.

В работе [5] разработана концепция построения ПГФС с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) применительно к северным и арктическим морям, согласно которой на первом этапе геофизических исследований (поиск характерных геолого-геофизических структур) используют разнесенные в пространстве: буксируемую (по технологии 2D) пространственно непрерывную (а не дискретную, как в настоящее время на надводных геофизических судах) приемную антенну, а также бортовую НЧ излучающую антенну (а не набор буксируемых пневмоизлучателей, как в настоящее время на надводном геофизическом судне) на базе гидропушек или электроакустических излучателей.

На рис. 1 проиллюстрирован принцип реализации модернизированной технологии 2D-сейсморазведки с использованием ПГФС, размещенной на борту НЧ излучающей акустической системы (диапазон сейсмических частот – от 10 до 200 Гц) и буксируемой ССК применительно к северным и арктическим морям.

В работе [12] предложены другие варианты, разработанные на основе личного опыта эксплуатации гибких протяженных буксируемых антенн на подводных лодках ВМФ России, реализации модернизированной технологии 2D-сейсморазведки с использованием ПГФС. В частности предлагается одновременно буксировать ССК и систему излучателей (гидропушек или электроакустических излучателей), а на борту ПГФС разместить бортовую или камфорную (расположенную по обводам носовой оконечности ПГФС) антенну и др.

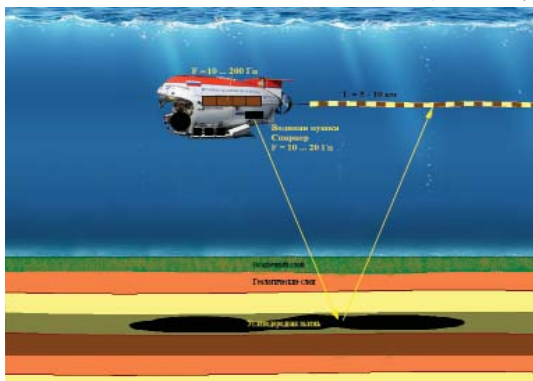


Рис 1. Принцип реализации модернизированной технологии 2D-сейсморазведки с использованием подводного геофизического судна

На втором этапе (для определения наличия УВ в УВ-коллекторе) предлагается применять: ПГФС; два телеуправляемых необитаемых подводных аппарата (ТНПА) поисково-рабочего класса, движущихся параллельно ПГФС в непосредственной близости от него, построенных по модульному типу, с соответствующими системами мокрого базирования на ПГФС; два поисковых автономных необитаемых подводных аппарата (АНПА), построенных по модульному типу, с соответствующими системами мокрого базирования на ПГФС; несколько автономных донных станций (АДС) с трактами регистрации различных физических полей, выставленных внутри и снаружи УВ-контура сеткой или по профилю с помощью ТНПА; широкополосные (от единиц Гц

до десятков кГц) высоконаправленные (единицы градусов) параметрические излучающие антенны (ПИА) и широкополосные (от долей Гц до единиц кГц) высоконаправленные параметрические приемные антенны (ППА), размещенные, как на ПГФС, так и на ТНПА и (только ППА) на АНПА.

Рис. 2 иллюстрирует принцип реализации модернизированной технологии 3D-сейсморазведки (в которой функцию разнесенных в пространстве нескольких ССК выполняют ТНПА, АНПА, АДС и приемные антенны, расположенные непосредственно на корпусе ПГФС), сейсмококс с использованием ПГФС и буксируемой ССК и бортовой НЧ излучающей системой, АДС, выставляемых по профилю или сеткой, ТНПА и АНПА с ППА и ПИА (только ТНПА), применительно к северным и арктическим морям.

В работе [12] предложены другие варианты, на основе личного опыта эксплуатации гибких протяженных буксируемых антенн (в том числе ППА и ПИА), расположенных на корпусе подводной лодки ВМФ России, реализации модернизированной технологии 3D-сейсморазведки с использованием ПГФС. В частности, предлагается дополнительно использовать широкополосные (от единиц Гц до 3 кГц) гидроакустические излучающие антенны (линейные и параметрические), предназначенные для лоцирования не только геологических структур, но и слоя осадка, а также придонного слоя воды и др.



Рис 2. Принцип реализации модернизированной технологии 3D-сейсморазведки с использованием подводного геофизического судна

На третьем этапе (выбор места постановки скважины) используют АДС с трактами регистрации различных физических полей, АНПА и ПГФС с комбинированными (сочетающие режимы линейной и нелинейной обработки принимаемых гидроакустических сигналов) гидроакустическими станциями (ГАС) – для приема НЧ акустических волн собственной и индуцированной сейсмоэмиссии, высокочастотных (ВЧ) акустических и электромагнитных волн комбинационных частот (обусловленных нелинейным взаимодействием над УВ-залежью НЧ акустических волн и ВЧ акустических волн накачки), а также с датчиками наведенной радиоактивности, аппаратурой акустической спектроскопии рассеивателей, определения парциального давления газа над УВ-залежью и др.

На рис. 3 иллюстрируется ПГФС, находящееся над УВ-ловушкой, а также АДС, выставленные сеткой по контуру УВ-залежи, с помощью которых реализуются прямые геофизические методы поиска углеводородов.

Для примера на рис. 4 представлены спектрограммы сигналов, зарегистрированных с помощью широкополосной высоконаправленной параметрической приемной антенны (ППА), размещенной на корпусе подводного судна в диапазоне частот 0–20 Гц (рис. 4, а) и 0–100 Гц (рис. 4, б).

Как видно из рис. 4, а, с помощью параметрической приемной антенны (ППА) на базе ГАК МГК-500 удается направленно принимать НЧ гидроакустические сигналы с долей Гц (0,45 Гц на рис. 4, б).

Для примера на рис. 5 представлены спектрограммы сигналов, зарегистрированных с помощью широкополосной аку-

тической системы, размещенной в трех АДС «Монолит», пространственно разнесенных относительно друг друга.

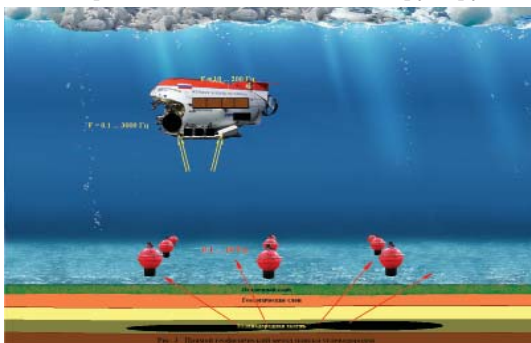


Рис. 3. Принцип реализации прямых геофизических методов поиска углеводородов с использованием подводного геофизического судна

Как видно из рис. 5, а, б с помощью широкополосных акустических систем данных АДС удалось зарегистрировать не только дискретные составляющие, но и спектральные максимумы шумоизлучений в диапазоне частот от долей Герц и выше.

Таким образом, в связи с необходимостью выполнения научно-исследовательских и поисковых работ в суровых климатических условиях северных морей и Арктики значительные временные издержки в работе надводных геофизических судов могут принять неприемлемый характер. Целесообразность использования для этих целей ПГФС с ЯЭУ сомнений не вызывает, так как только оно позволяет обеспечить проведение геофизических и других видов исследований независимо от ледокольного обеспечения и гидрометеоусловий в любой акватории арктических морей. При этом основной задачей ПГФС является получение на большой площади достоверной информации о параметрах нефтегазоносных структур, находящихся в соответствующих геологических породах Земли, в условиях развитого волнения моря, при наличии айсбергов или сплошного ледового покрова, безопасным в навигационном отношении методом при минимальных финансово-временных затратах.

Основными постулатами разработанной нами концепции поиска полезных ископаемых являются следующие:

1. Отказ от реализации высокозатратной и недостаточно эффективной (даже в более благоприятных погодных-климатических условиях) технологии 3D (4D)-сейсморазведки,

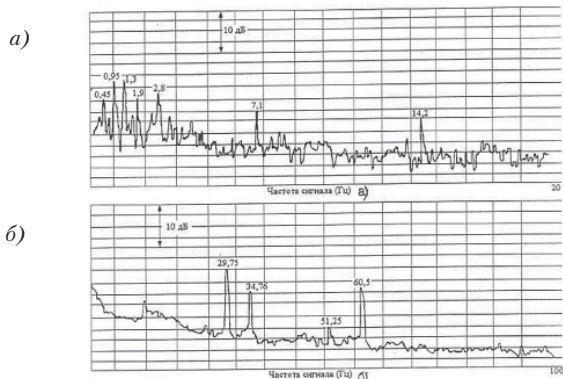


Рис. 4. Спектрограммы сигналов, зарегистрированные а) с помощью ШПА подводного судна

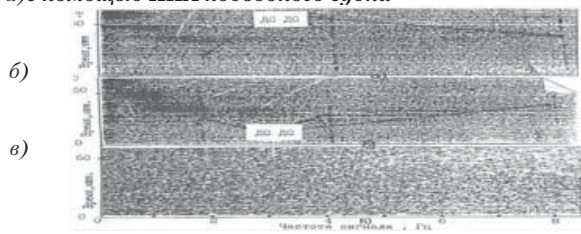


Рис. 5. Спектрограммы сигналов, зарегистрированные при помощи акустической системы автономной донной станции

применение которой в условиях подводного мореплавания не обеспечит безопасность самого ПГФС.

2. Более широкое использование возможностей: современного подводного кораблестроения – ПЛ с ЯЭУ, достижений подводной робототехники – ТНПА и АНПА, построенных по модульному принципу и размещенных на ПГФС в системах мокрого (или сухого) базирования, многофункциональных глубоководных АДС, выставляемых на дно как с помощью ТНПА, регистрирующих с помощью своих широкополосных гидроакустических систем отраженные от различных геологических структур упругие колебания сейсмического диапазона частот, а также собственные и индуцированные шумоизлучения УВ-залежи и формирующих пространственно развитую акустическую приемную антенну, а также новых (на принципах нелинейной акустики) методов высоконаправленного излучения и приема широкополосных гидроакустических и электромагнитных сигналов с помощью малогабаритных акустических антенн, соответственно. То есть речь идет о применении мобильной подводной системы «ПГФ – ТНПА и АНПА – АДС».

3. Комплексное применение разнесенных в пространстве излучающих и приемных гидроакустических антенн, предназначенных не только для решения геолого-геофизических задач: поиск характерных структур, оценка наличия УВ в коллекторе, внешнего возбуждения УВ в коллекторе и т. д., но и обеспечения промышленной безопасности проведения всех видов работ: дальнейшее (сотни километров) обнаружение и классификация различных подводных объектов и их нелетальное поражение, а также для выявления зарождающихся очагов землетрясения и снятия – путем профилактического излучения – специальных гидроакустических и электромагнитных волн, сейсмической напряженности в данном географическом районе.

4. Комплексное применение различных физических полей: акустических, электромагнитных, оптических, наведенной радиоактивности и др. для поисков и разведки УВ-месторождений и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология: Теория и методы. – М.: Мир, – Т. 1. – 1983.
2. Арутюнов С.Л., Кузнецов О.Л., Востров Н.Н. и др. Явление генерации инфразвуковых волн нефтегазовой залежью // Научное открытие. – 1999. – № 109.
3. Бахарев С.А., Завалко Е.В., Рожожников А.В. Использование широкополосных приемных акустических антенн в морской геофизике // Геофизика. – 2010. – № 1. – С. 45–51.
4. Они же. Использование широкополосных излучающих акустических антенн в морской геофизике // Геофизика. – 2010. – № 6. – С. 33–38.
5. Бахарев С.А. К вопросу концепции построения подводного многофункционального судна // Геофизический вестник. – 2010. – № 8. – С. 9–12.
6. Бахарев С.А., Дремлюга Г.П., Рожожников А.В. Использование автономных не-обитаемых подводных аппаратов в процессе изучения Мирового океана // Морская радиоэлектроника. – 2010. – № 1. – С. 80–86.
7. Бахарев С.А., Дремлюга Г.П., Рожожников А.В. Использование телеуправляемых обитаемых подводных аппаратов в процессе изучения Мирового океана // Морская радиоэлектроника. – 2011. – № 3. – С. 58–63.
8. Они же. К вопросу обеспечения навигационной безопасности мореплавания многофункционального подводного судна // Морская электроника. – 2011. – № 1. – С. 36–41.
9. Бахарев С.А., Рожожников А.В. Перспективы развития гидроакустических средств гражданского назначения, в том числе с использованием методов нелинейной акустики. – Тр. Всеросс. конфер. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб., 2012, с. 30–33.
10. Бахарев С.А., Козлов А.П. Промышленное освоение недр на особо охраняемых территориях. – Deutschland Lambert, Academic Publishing. – 2011. 158 с.
11. Бахарев С.А. Обеспечение промышленной и экологической безопасности объектов энергетического комплекса. – Deutschland, Lambert. 2012. – 375 с.
12. Бахарев С.А., Бахарев Р.А. Использование закономерностей нелинейной гидроакустики при поиске полезных ископаемых на шельфе. – Deutschland, Lambert. 2012. – 297 с. ■

Интенсивные работы, проводимые Россией по созданию и обслуживанию морских нефтегазовых трубопроводов, диктуют необходимость разработки средств контроля за их состоянием в процессе эксплуатации. Из всех проблем, связанных с эксплуатацией нефтегазовых трубопроводов, наиболее серьезной является их аварийность. На ликвидацию последствий аварий трубопроводов, проложенных в земле, расходуется миллионы долларов в год. Борьба с авариями трубопроводов, проложенных в морских акваториях, значительно сложнее и дороже.

Статистические исследования показывают, что около 40% всех аварий трубопроводов происходит из-за коррозии металла [1]. Несвоевременное обнаружение и ликвидация возможных нарушений целостности трубопроводов ведет не только к значительным экономическим потерям, но и к нарушению экологической безопасности. Отсюда следует, что диагностика нефтегазовых трубопроводов является одной из важнейших мер, связанных с их эксплуатацией.

В настоящее время существует значительное число средств и методов диагностики трубопроводов, в том числе и укладываемых в морские среды (зондовые, радиоактивные, гидравлические и др.) Возможность их использования, однако, ограничена в основном контролем трубопроводов перед их прокладкой. Эффективных средств и методов диагностики подводных трубопроводов в период их эксплуатации нет. Используемые в ряде случаев оптические и гидроакустические методы их осмотра не позволяют обнаруживать коррозию трубы и ряд других ее нарушений. Учитывая, что нефтегазовые трубопроводы изготавливают из ферромагнитных материалов наиболее перспективными методами их диагностики из всех возможных являются использующие магнитометрические средства. Это объясняется тем, что нарушение целостности трубы и коррозия ведут к существенным изменениям ее намагниченности в этих местах.

Поскольку морские трубопроводы могут находиться на значительной глубине и удаленности, самым подходящим средством для реализации магнитометрического метода их диагностики является автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА), базирующийся на обеспечивающем судне с аппаратурой, способной осуществлять с ними связь. Важно и то, что наличие магнитометрических средств на АНПА позволит решить и ряд других важных задач морского мониторинга [2]. Дальность хода современных АНПА может составлять сотни километров, что при скорости 1–2 м/с соответствует времени в десятки часов автономного движения под водой.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОДВОДНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

П. И. Малеев, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник ОАО «ГНИНГИ», контакт. тел. (812) 327 9980

Сложность решения рассматриваемой проблемы магнитометрическими методами с АНПА связана с неоднородностью структуры трубопроводов, изменениями в них в результате сварки, ударов, неодинаковости натяжения и т. п., а также с воздействием магнитного поля Земли (МПЗ), которое к тому же не остается постоянным. Вектор напряженности МПЗ можно представить в виде:

$$T = T_n + T_a + \delta T, \quad (1)$$

где T_n – нормальное медленно меняющееся МПЗ; T_a – аномальное МПЗ, связанное с намагниченными верхними слоями Земли; δT – вариации МПЗ, обусловленные внешними причинами.

Величина МПЗ – около 5.104 нТл. Градиенты аномального МПЗ достигают 10–20 нТл/м. В отсутствие магнитных бурь горизонтальный градиент МПЗ не превышает 0,05 нТл/км. Вариации имеют периоды от долей секунды до 10 лет и более. Наибольший интерес представляют вариации, период которых лежит в пределах от долей секунды до 1000.

Нефтегазовые трубы, уложенные на поверхности Земли или дне акватории, намагничиваются в магнитном поле Земли и ведут себя аналогично магнитным диполям, создающим магнитное поле

$$B = f(MR), \quad (2)$$

где M – вектор магнитного момента диполя; R – вектор расстояния от диполя до объекта.

Векторная диаграмма составляющих суммарного магнитного поля

на ферромагнитном объекте представлена на рис. 1.

На борту ферромагнитного объекта может быть измерен модуль, равный:

$$T' = T + T_d,$$

где T_d – модуль ВМИ поля объекта. Силовые компоненты суммарного магнитного поля:

$$Y' = Y + Y_d, \quad Z' = Z + Z_d,$$

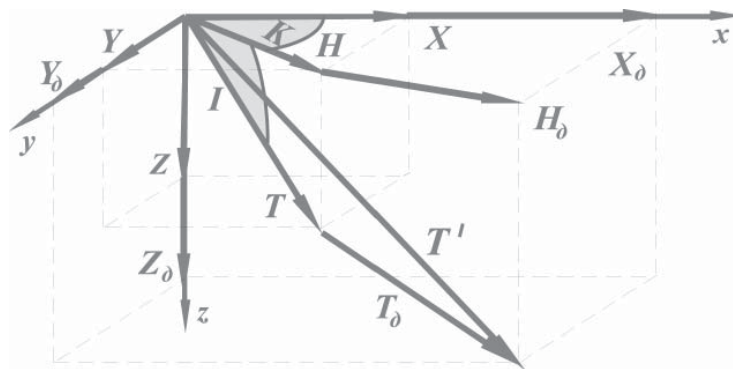
где X_d, Y_d, Z_d – соответствующие компоненты ВМИ поля объекта.

Угловыми компонентами, являются углы K и I . Эти величины и определяют направление ВМИ поля Земли и лежащего на его поверхности трубопровода.

Основными проблемами, стоящими на пути реализации рассматриваемого метода диагностики нефтегазовых труб, являются следующие:

- 1) удержание АНПА в процессе проведения диагностики над трубой;
- 2) определение с требуемой точностью местоположение АНПА в любой момент времени;
- 3) обнаружение магнитометрическим методом мест нарушения труб и измерение степени этого нарушения;
- 4) определение местоположения нарушения на трубе, фиксирование этого места и степени нарушения в вычислительном устройстве аппарата и передача этой информации на сопровождающее судно.

Первая задача может быть решена при использовании в аппарате двух разнесенных по бортам магниточув-



*Рис. 1. Векторная диаграмма составляющих суммарного поля на ферромагнитном объекте
T, X, Y, Z – модуль вектора магнитной индукции (ВМИ) поля Земли (и находящегося на ней трубопровода) и его силовые компоненты*

ствительных (МЧЭ) элементов магнитометров и эхолота. Сравнение результатов измерения магнитного поля этими МЧЭ и данные эхолота позволят с достаточной точностью удерживать аппарат над трубой.

Вторая задача более сложна. Она требует использования в аппарате автономных средств навигации, в частности инерциальной навигационной системы (ИНС), обеспечивающей выработку местоположения, курс и параметры качки аппарата. Требования к точности работы ИНС при этом относительно высоки. Погрешность определения курса и качек не должна превышать 0,5 мин. Из-за относительно малых габаритов аппарата размещаемая в нем ИНС также имеет ограниченные размеры, а, следовательно, не обладает высокой точностью. Для обеспечения требуемой точности необходимо использовать соответствующие средства коррекции ее выходных параметров. Для коррекции ИНС можно, в принципе, использовать ряд методов. Рассмотрим кратко их возможности.

Первый метод – коррекция с помощью спутниковой навигационной системы (СНС). Однако для этого потребуется периодическое всплытие аппарата, что нежелательно. Кроме того, при этом затрачивается много энергии аппаратом. К тому же по времени этот процесс весьма длительный. Точность определения местоположения по современным СНС («Глонасс» и GPS) составляет 7–12 м, а при использовании локальных дифференциальных подсистем – 1–2 м.

Второй метод исключает необходимость всплытия аппарата. Коррекция может быть осуществлена по СНС с помощью сопровождающего надводного судна, способного определять свои координаты по СНС и передавать синхронно эту информацию по гидроакустическому каналу на аппарат. Однако использование этой информации на обеспечивающем судне затруднено тем, что место размещения приемной антенны СНС может значительно отстоять от места использования принимаемой информации на судне, а линейные размеры последнего столь велики, что параметры движения его различных точек в условиях качки и маневрирования существенно отличаются. Возникшие при этом погрешности по координатам в дифференциальном режиме достигают 5–10 м. К тому же добавляются погрешности, связанные с передачей этой информации на аппарат, осуществляемой по гидроакустическому каналу.

Третий возможный метод коррекции ИНС, находящейся в аппарате, требует использования гидроакустических навигационных систем, работающих

по заранее размещенным по трассе придонным маякам. Дальность действия таких систем с длинной базой для разных их вариантов достигает 10–20 км., а флуктуационная погрешность определения координат – 2–3 м. Это ведет к необходимости установления по трассе и их координирования по СНС целого ряда маяков, что существенно увеличивает стоимость выполнения работ, поскольку установка и координирование каждого маяка занимает, как правило, более суток.

Четвертый метод основан на использовании мобильного маяка, буксируемого обеспечивающим судном. Точность определения местоположения аппарата при использовании этого метода относительно низка.

Необходимо отметить также, что точность определения местонахождения аппарата, а, следовательно, и мест нарушения трубопровода при использовании гидроакустических маяков требует знания скорости звука в воде, которая зависит от ее солености, температуры и давления. Для их учета в аппарате необходимо иметь соответствующие датчики.

Из изложенного следует, что рассмотренными методами коррекции погрешностей ИНС трудно достичь требуемой точности определения мест нарушения трубопровода. В наибольшей степени этим требованиям, по нашему мнению, отвечает метод коррекции, в котором используются результаты предварительных, первоначальных измерений намагниченности трубопровода с отметкой характерных мест стыковок отдельных их звеньев, которые характеризуются повышенной намагниченностью. Зная длину каждого звена нефтегазовой трубы, легко определить по ним местоположение аппарата над трубопроводом, а затем и место ее нарушения.

Рассмотрим третью задачу – обнаружения и измерения степени нарушения трубы магнитометрическими методами с подвижного подводного аппарата.

На работу магнитометрических датчиков, размещаемых на подвижном морском объекте в общем случае может влиять значительное число источников магнитных полей как естественного, так и искусственного происхождения. По характеру воздействия они могут быть подразделены на три группы:

- пространственно однородные;
- пространственно неоднородные;
- зависящие от датчика.

Влияние помех первой группы на бортовые магнитометрические датчики может быть исключено использованием разнесенных магнитометров (магнитных градиентометров), на которые они

практически не действуют. Влияние факторов второй группы значительно уменьшается с увеличением расстояния до датчика. Эти особенности влияния диктуют и методы защиты от них. Влияние факторов третьей группы может быть уменьшено рациональной конструкцией датчика.

Наиболее сложно исключить влияние магнитных помех, создаваемых самим объектом. Спектр магнитных полей морских ферромагнитных объектов изменяется в широких пределах от 0,001 до 5 Гц. Амплитудные значения изменяющегося магнитного поля объекта во многих случаях превосходят пространственные градиенты МПЗ. Существенное снижение этих помех может быть достигнуто за счет:

- использования в конструкции объекта (в месте расположения датчика) немагнитных материалов;
- удаления, если это возможно, датчика от объекта;
- использования методов компенсации при помощи, в частности, токовых контуров;
- экранировки датчика [3] и
- фильтрации полезных сигналов [4].

Спектр сигнала от МПЗ лежит в инфранизкочастотном диапазоне частот (0–0,001) Гц. Для выделения такого спектра на фоне помех могут быть использованы, в частности, фильтры низких частот. Однако эффективно реализовать эти способы борьбы с помехами на ферромагнитном объекте практически невозможно. Наиболее существенных результатов в борьбе с магнитными помехами объекта можно достичь путем вычисления параметров Пуассона, характеризующих намагниченность объекта. Эти параметры (a, b, c, \dots, k) связаны следующими уравнениями Пуассона:

$$\begin{aligned} B_x &= B_{xt} + aB_{xt} + bB_{yt} + cB_{zt} + B_{xp} \\ B_y &= B_{yt} + cB_{xt} + eB_{yt} + fB_{zt} + B_{yp} \\ B_z &= B_{zt} + gB_{xt} + hB_{yt} + kB_{zt} + B_{zp} \end{aligned} \quad (3)$$

где B_x, B_y, B_z – измеренные проекции вектора магнитной индукции на оси системы координат объекта; B_{xt}, B_{yt}, B_{zt} – проекции вектора магнитной индукции МПЗ на те же оси; B_{xp}, B_{yp}, B_{zp} – проекции вектора магнитной индукции постоянного магнитного поля объекта на те же оси.

Важно отметить, что намагниченность объекта во времени изменяется, а, следовательно, и параметры Пуассона со временем не остаются постоянными и их необходимо периодически обновлять.

К настоящему времени предложено несколько методов определения параметров Пуассона [5–9], но для решения рассматриваемой проблемы они явно не подходят.

Нами предложены новые, более совершенные методы борьбы с магнитными помехами объекта, новый метод автоматической компенсации помех объекта и аналитические методы определения параметров Пуассона [10–15]. Кратко рассмотрим их особенности.

1. В методе автоматической компенсации магнитных помех объекта [10] используются два идентичных феррозонда, каждый из которых помещен внутри трехкомпонентных катушек компенсации. Один из феррозондов – измерительный. Для уменьшения влияния магнитного поля, связанного с качкой объекта, он установлен в карданов подвес. Второй – компенсационный. Он устанавливается вблизи первого и жестко крепится к корпусу объекта. Такое размещение феррозондов при соответствующем количестве катушек компенсации и их запиткой током позволяет обеспечить значительную компенсацию как постоянной намагниченности объекта (полукруговая девиация), так и индуктивной его намагниченности (четвертная девиация), а также компенсацию магнитных полей, создаваемых токами размагничивающих устройств (РУ) объекта.

Компенсация осуществляется путем подачи тока с обратным знаком из катушек компенсационного датчика на катушки компенсации измерительного датчика.

Остальные предложенные нами методы борьбы с магнитными помехами объекта относятся к расчетно-аналитическим.

2. Метод с использованием трехкомпонентного магнитометра, информации об угловых перемещениях объекта и модуля вектора магнитного поля в опорном пункте в отсутствие объекта [11].

Недостаток этого метода – необходимость осуществления большого числа измерений проекций магнитной индукции (как минимум 10) при синхронном измерении десяти угловых положений объекта.

3. Метод с использованием эталонного образца из мягкого в магнитном отношении железа, параметры Пуассона которого заранее известны [11]. Положительным моментом этого метода является то, что применение эталонного образца можно использовать и для контроля параметров Пуассона, в частности, в рабочих условиях магнитной съемки. Необходимо отметить, однако, что при использовании этого метода не учитывается воздействие индуктивным магнитным полем на эталонный образец. Это может привести к снижению точности измерения магнитной индукции геомагнитного поля.

4. Метод с использованием двух определенно расположенных на объекте трехкомпонентных магнитометрических датчиков, не требующий текущей информации об угловых положениях объекта. Эта информация необходима только для первоначального определения параметров Пуассона и проекций вектора магнитной индукции от жесткой намагниченности и их корректировок. [12]. Периодическая коррекция этих параметров данным методом позволяет повысить точность определения магнитной индукции МПЗ в районе нахождения объекта.

5. Метод коррекции при отсутствии сведений о геомагнитном поле и применении лишь одного трехкомпонентного магнитометрического датчика [13]. Для определения текущего значения магнитной индукции МПЗ информация об угловых положениях объекта не требуется. Она необходима только для первоначального определения параметров Пуассона и проекций вектора магнитной индукции от жесткой намагниченности.

6. Метод борьбы с магнитными помехами объекта требующий не 10 (как в первом методе), а только четыре измерения его угловых положений [14]. Это ведет к уменьшению погрешностей, определяемых параметрами Пуассона, так как каждое дополнительное измерение (измеренное в реальных условиях с определенной погрешностью) приводит к дополнительной общей погрешности измерения.

7. Метод повышения точности определения параметров Пуассона, снижения влияния вариаций геомагнитного поля и однородных промышленных магнитных помех [15]. Реализация метода возможна, в частности, при дополнительном использовании удаленного от объекта на 100–200 м. затопляемого буя, на котором размещены источник питания, трехкомпонентный магнитометр и регистрирующий блок. При этом магниточувствительный датчик этого магнитометра установлен на кардановом подвесе. Одна из осей датчика ориентирована карданным подвесом по вертикали, а две другие оси датчика взаимно ортогональны и размещаются в горизонтальной плоскости. Сигналы с выходов датчика, пропорциональные проекциям векторов индукции геомагнитного поля, за-поминаются блоком с отметкой в определенные моменты времени. Местоположение затопляемого буя определяют с помощью связанного с ним плавающего немагнитного буя. Одновременно на объекте также проводят измерения МПЗ. Затем буй поднимают на объект и сравнивают его показания с показаниями бортового магнитометра в одни и те же момен-

ты времени. По результатам уточняют параметры Пуассона и проекции вектора магнитной индукции от жесткой намагниченности объекта.

Использование каждого из рассмотренных методов позволяет, в принципе, уменьшить влияние намагниченности объекта на измеряемое магнитное поле нефтегазовой трубы. Для выбора наиболее эффективного из них необходимы дополнительные, в том числе и экспериментальные, исследования.

В. А. Бледновым предложен несколько иной подход к методам борьбы с магнитными помехами объекта. Он основан не на вычислении намагниченности объекта и ее вычитании из суммарного магнитного поля (МПЗ и объекта), а на использовании этого поля в качестве источника полезной информации [16–18]. Дело в том, что в каждый относительно короткий период намагниченность объекта состоит из постоянной и переменной, индуцированной. При относительно медленном изменении внешнего магнитного поля, когда магнитной вязкостью можно пренебречь, индуцированная намагниченность объекта зависит от параметров намагничивающего поля. Если считать, что за время измерения объект изменяет свое положение на малые углы (что реально), то можно использовать линейную модель формирования их собственного магнитного поля. И для вычисления компонент МПЗ можно использовать линейные уравнения Пуассона. А для этого необходимо, чтобы объект совершал малые угловые перемещения. Кроме того, на объекте необходимо установить дополнительную ферромагнитную массу с устройством, обеспечивающим ее кратковременную переориентировку относительно жестко связанного с объектом чувствительного элемента магнитометра. В этом случае суммарное магнитное поле будет содержать МПЗ, поле объекта и поле дополнительной ферромагнитной массы. Время переориентировки этой массы должно быть значительно меньше периода переориентировки объекта (АНПА), которое составляет, как правило, не менее 10 с. На этот период положение объекта можно считать неизменным.

Использование рассматриваемого подхода позволяет по результатам измерений, выполненных на движущемся ферромагнитном объекте, определять угловые (наклонение I и склонение K) компоненты внешнего магнитного поля. При этом требование к объекту только одно – он должен периодически менять свое положение в измеряемом магнитном поле в любых двух малых (около 0,5 град.) взаимно ортогональ-

ных плоскостях, что в условиях морского объекта автоматически выполняется. Для измерения этих угловых компонент в измерительную систему (помимо трехкомпонентного магнитометра) необходимо ввести систему определения ориентации объекта по курсу, бортовой и килевой качек. Такой системой, в частности, может быть инерциальная навигационная система.

Для измерения силовых компонент (горизонтальной H и вертикальной Z) магнитного поля необходимо к тому же в измерительную схему добавить источник периодически включаемого эталонного магнитного поля, жестко связанного с объектом [18].

Решение четвертой проблемы – проблемы определения местоположения нарушения на трубопроводе возможно при использовании двух разнесенных на определенное расстояние по направлению движения АНПА магниточувствительных элемента (МЧЭ) с каналами компенсации помех и общим вычислительным устройством. Каждый из этих МЧЭ при движении аппарата регистрирует суммарное магнитное поле, поле Земли и трубопровода. Если при движении аппарата первый МЧЭ зарегистрировал скачек этого поля, то из общей величины этого поля вычитается значение поля, зарегистрированного вторым МЧЭ. Разность этих показаний относится к нарушению трубопровода в месте регистрации первым МЧЭ. Прохождение второго МЧЭ над этим нарушением лишь подтвердит его наличие. Синхронно с этими измерениями магнитного поля необходимо измерять и угловое положение аппарата (курс, крен и дифферент). На основе этой информации в вычислительном устройстве по программе определяется величина и место расположения нарушения.

Для выявления нарушений целостности трубопровода и его коррозии необходимо проведение предварительных исследований его состояния, результаты которого заносятся в компьютер. Сравнение с этими данными результатов последующих контрольных измерений трубопровода позволит выявить появившиеся в нем изменения. Периодичность контрольных измере-

ний зависит от качества изготовления трубопровода и среды, в которых она используется.

Из изложенного следует, что для решения проблемы диагностики подводных трубопроводов с АНПА необходимо:

1. В качестве измерителя магнитного поля использовать ферозонды, способные измерять как силовые, так и угловые компоненты поля. Их стабильность относительно высока, порядка 0,1 нТл за несколько суток, а постоянная времени – доли секунды, что позволяет проводить непрерывные измерения поля. Протонные и квантовые магнитометры предъявляют к пространственной ориентации значительно меньшие требования, но они измеряют не векторную величину магнитного поля, а только его модуль.

2. На АНПА необходимо разместить три магниточувствительных элемента магнитометров с элементами защиты от магнитных помех, инерциальную навигационную систему, эхолот, вычислительное устройство и систему гидроакустической связи между аппаратом и обеспечивающим судном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эксплуатация магистральных нефтепроводов: Справ. изд. под ред. Ю. Д. Земенкова. – Тюмень. – 2000. – 534 с.
2. Добротворский А. Н., Малеев П. И., Хребтов А. А. Перспективы создания автоматизированных навигационно-магнитометрических систем морского мониторинга нефтегазовых трубопроводов // Навигация и гидрография. – 2005. – Вып. 20–21. – С. 39–47.
3. Цейтлин Л. А. Катушки с активными электромагнитными экранами // Энергетика и транспорт. – 1971. – Вып. 4. – С. 85–89.
4. Romani J. et. al // Rev. Sri. Instytut. – 1982. – Vol. 53. – №12. – P.1815.
5. Хвостов О. П. Теория разделения магнитных помех носителя // Геофизическое приборостроение. – 1962. – №14. – с. 141–169.
6. Лысенко А. П. Теория и методы компенсации магнитных помех // Геофизическое приборостроение. – 1960. – №7. – с. 44–58.
7. Гусев С. Т., Семевский Р. Б. Определение параметров Пуассона по измерению магнитной индукции Т-магнитометра // Геофизическое приборостроение. – 1980. – №70. – С. 25–30.

8. Резник Э. С., Контарович В. Л. Некоторые вопросы компенсации магнитных помех самолета // Геофизическое приборостроение. – 1980. – Вып. 18. – С. 26–28.
9. Кантарович В. Л., Цирель В. С. Современные протонные аэромагнитометры // Тез. докл. 3-й Всесоюз. конфер. «Методы и средства измерения параметров магнитного поля», Л., ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 1986, с. 28–29.
10. Гидаснов Д. Д., Кошкарев В. Н., Малеев П. И. и др. Электронный компас феррозондовый типа КФ-1. – Тр. 4-й Рос. науч.-техн. конфер. «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии», 6–9 июня 2001 г., СПб., т. 1, с. 135–138.
11. Малеев П. И., Смирнов Б. М. Новые методы определения составляющих вектора магнитной индукции МПЗ с ферромагнитного объекта // Навигация и гидрография. – 1999. – Вып. 8. – С. 82–86.
12. Малеев П. И., Смирнов Б. М. Способ периодической коррекции параметров Пуассона, характеризующих намагниченность подвижных ферромагнитных объектов. – Тр. 5-й Рос. науч.-техн. конфер. «Современное состояние, проблемы навигации и гидрографии», СПб., 2004. – 10–12 марта, т 2., с. 49–50.
13. Малеев П. И., Смирнов Б. М. Корректировка параметров Пуассона и проекций вектора магнитной индукции от постоянной намагниченности подвижного ферромагнитного объекта // Навигация и гидрография. – 2004. – Вып. 19. – С. 70–73.
14. Малеев П. И., Смирнов Б. М., Шеремет В. И. К вопросу определения геомагнитного поля с подвижного ферромагнитного объекта // Навигация и гидрография. – 2001. – Вып. 13. – С. 114–117.
15. Малеев П. И., Капустин И. В., Смирнов Б. М. К вопросу повышения точности определения параметров Пуассона, характеризующих намагниченность подвижных объектов // Навигация и гидрография. – 2006. – Вып. 23. – С. 85–90.
16. Бледнов В. А. Метод определения угловых компонент вектора индукции геомагнитного поля на борту движущихся ферромагнитных носителей // Докл. АН СССР. 1995. – Т. 341. – №2. – С. 251–254.
17. Он же. Основные принципы определения компонент магнитного поля Земли на движущихся ферромагнитных объектах (основы теории разделения полей) // УФН. – 1997. – Т. 167. – №10. – С. 1113–1118.
18. Он же. Об измерении силовых составляющих магнитного поля Земли с движущихся ферромагнитных носителей // Навигация и гидрография. – 2001. – Вып. 13. – С. 117–123. ■

На федеральном уровне основным законом, регулирующим правоотношения в сфере транспортной безопасности, является Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16–ФЗ «О транспортной безопасности» (далее – Закон). В нем под транспортной безопасностью понимается «состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства». Согласно Закону, к объектам транспортной инфраструктуры относятся «железнодорожные, трамвайные и внутренние водные пути, контактные линии, автомобильные дороги, тоннели, эстакады, мосты, вокзалы, железнодорожные и автобусные станции, метрополитены, морские торговые, рыбные, специализированные и речные порты, портовые средства, судоходные гидротехнические сооружения, аэродромы, аэропорты, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса здания, сооружения, устройства и оборудование».

Комплексная защищенность объектов инфраструктуры водного транспорта предполагает обеспечение физической и информационной безопасности этих объектов, в том числе и персонала.

Вопросы информационной безопасности объектов водного транспорта, в частности, автоматизированных информационно-управляющих систем затрагивались в работах авторов [1–4].

Для обеспечения физической безопасности объектов морского и речного транспорта нужно обеспечить защиту как прилегающей территории на суше, так и акватории самого порта. Решение первой задачи общеизвестно и хорошо отработано – на сегодняшний день существует довольно много различных систем и способов охраны объектов и территорий. В условиях стремительного развития рынка технических средств охраны производители предлагают широкий спектр решений в области безопасности. Для реализации главных целей и основных задач охраны предприятия (его объектов) создается система охраны – совокупность используемых для охраны предприятия сил и средств, а также способов и методов охраны предприятия и его объектов. Она включает личный состав подразделений охраны (караулов); технические средства охраны; места размещения личного состава, выполняющего задачи охраны, и используемых технических средств; методы охраны объектов. В качестве мест размещения личного состава охраны может быть использован один из основных элементов системы организации пропускного режима – контрольно-пропускные пункты. Используемые

О БЕЗОПАСНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Н. М. Вихров, д-р техн. наук, проф.,

ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,

Ю. Ф. Каторин, проф., д-р воен. наук,

А. П. Нырков, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,

С. С. Соколов, канд. техн. наук, нач. управления,

ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова,

А. А. Шнуренко, д-р техн. наук, проф.,

коммерческий директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,

контакт. тел. (812) 746 9733

при охране предприятий технические средства охраны делятся на две группы:

– средства обнаружения (пожарная и охранная сигнализация, «тревожное» оповещение, охранное телевидение, охранное освещение, аппаратура проверки почтовой корреспонденции, радиосвязь, прямая внутренняя связь, прямая телефонная связь с полицией и др.);

– средства обнаружения и ликвидации (средства пожаротушения, средства индивидуальной защиты, газовые ловушки, автотранспорт, оружие, инженерно-технические средства и др.).

Рынок товаров и услуг такого рода хорошо развит. Наряду с дорогостоящими системами производства Западной Европы и США предлагаются изделия азиатского происхождения с низким ценником, но сомнительного качества.

Вся трудность в создании системы безопасности на суше в современных экономических условиях сводится к поискам золотой середины при выборе оптимального сочетания надежности, качества и цены. А вот вопросы охраны акватории не имеют стандартных решений и посему требуют более тщательной проработки.

Комплексные системы безопасности портовых средств предназначены для обеспечения безопасности, регулярности и эффективности работы портового хозяйства путем разработки и внедрения необходимых технических средств защиты. В соответствии с основными нормативными документами: «Международный кодекс по охране судов и портовых средств» и ФЗ 1№ 6 «О транспортной безопасности» система безопасности создается как единая система и включает в себя следующие подсистемы:

- автоматизированную систему охраны (АСО);
- систему оперативного теленаблюдения;
- систему распознавания государственных номерных знаков автотранспорта;
- систему защиты от подводных диверсантов;
- систему гарантированного электропитания;
- систему связи;
- систему освещения.

Практически все разделы достаточно подробно освещены в доступной литературе, кроме вопросов борьбы с подводными диверсантами. Действительно, оценка уязвимости портовых средств и портов, находящихся на территории РФ, показывает, что защищенность большинства этих объектов находится на приемлемом уровне, если рассматривать угрозы со стороны суши. Надводная поверхность на небольших расстояниях на большинстве объектов тоже достаточно хорошо просматривается техническими средствами и силами охраны, что способствует быстрому обнаружению нарушителей. Однако при проникновении в порт из-под воды наблюдается угрожающий недостаток систем охраны и безопасности.

В такой ситуации необходимы, прежде всего, современные высокотехнологичные комплексы инженерно-технических средств обеспечения безопасности (система мониторинга акваторий) со стороны государственных структур. Основу системы мониторинга составляют сеть датчиков, измеряющих те или иные виды сигналов. Можно использовать систему стационарных акустических датчиков, закрепленных на дне. Аппаратура будет способна обнаруживать цели по первичному акустическому полю (шумопеленгование) и изменению магнитного поля, классифицировать, а также определять координаты и элементы движения целей. При обнаружении «цели» служба безопасности может подготовиться и принять меры, препятствующие вторжению объекта на охраняемую территорию. Однако установка и обслуживание такого оборудования достаточно дороги.

Поэтому в рамках мониторинга довольно перспективно выглядит применение буев, оборудованных датчиками, так называемыми сенсорами. Для мониторинга применимы неподвижные (т. е. заякоренные) и дрейфующие буи. Неподвижные буи можно устанавливать на любом расстоянии друг от друга, создавая сеть станций. Такие буи могут дать много полезной информации в тех

районах, где наиболее вероятно проникновение на контролируемую зону. Дрейфующие буи наиболее полезны для решения задач обнаружения злоумышленника на всей акватории, но работа с ними потребует наличия судов сопровождения, оборудованных соответствующей аппаратурой. Эти вопросы в принципе неплохо отработаны, а техника производится серийно. Существует несколько фирм-производителей, предлагающих на открытые мировые рынки гидроакустические станции для этих целей. С технической точки зрения и по эксплуатационным параметрам наиболее интересной оказалась система AquaShield от израильской фирмы «DSIT» [5]. Она позволяет обнаружить подводных нарушителей-водолазов, аквалангистов, подводные лодки в акватории на расстоянии до 3000 м и контролировать до 1000 объектов одновременно.

Имеется техника и отечественного производства. Например, изделие «Конфигурация № 2» (производитель – ЗАО «Транзас Консалтинг») предназначено для обнаружения подводных боевых пловцов-диверсантов и транспортировщиков (рис. 1). Дальность обнаружения:

- пловца – 300 м;
 - пловца, следующего на транспортировщике – 400 м;
 - сверхмалой подводной лодки (самходного подводного аппарата) – 700 м;
- При этом координаты определяются с точностью:
- по дистанции – 5 м; – по пеленгу – 2 град.

Это обеспечивает целеуказания оружию, предназначенному для поражения целей подобного рода. Изделие представляет собой малогабаритный специализированный сонар, стабилизированный в водной среде. При увеличении числа используемых датчиков увеличивается и эффективная область обнаружения, что позволяет службе безопасности принять более адекватные меры по обеспечению безопасности охраняемого объекта.

Однако подводного диверсанта мало обнаружить, его надо быстро нейтрализовать. Безусловно, наиболее эффективным средством для этого признаны бое-

вые пловцы. Отряды водолазов-контрдиверсантов стали создавать еще в годы Второй мировой войны, вначале их функции ограничивались осмотром подводных частей кораблей с целью поиска мин да обследованием акваторий портов [6]. С появлением эффективного оружия для ведения боя под водой появилась и возможность активного противодействия угрозам такого рода (рис. 2). Первый отряд для борьбы с подводными диверсионными силами и средствами (ПДСС) был сформирован на Черноморском флоте более 40 лет назад [7]. На начало 2000-х гг. в нем служило около 100 человек: 9 офицеров, 30 мичманов, остальные – матросы срочной службы. Каждый член этого суперэлитного подразделения – «продукт штучный». Отбор туда не менее строг, чем в Отряд космонавтов: нагрузку у боевых пловцов такие, что их может вынести только идеально здоровый, физически крепкий и очень волевой человек. Аналогичные отряды имеются и на других флотах России. Помимо военных флотов свои собственные подразделения боевых пловцов имеют в настоящее время многие спецслужбы.



Рис. 2. Боевой пловец с ПДС, вооруженный автоматом АПС

Однако не всегда можно использовать для охраны воинские подразделения, а пытаться набирать отставников дело почти безнадежное, как уже говорилось выше, боевые пловцы – «штучный товар», поэтому на каждый объект их как сторожей не поставишь, а стрелковое оружие обычных часовых бессильно при стрельбе по подводной цели. Только в кино по нырнувшему пловцу усиленно палат из автоматов и пули, оставляя красивые светящиеся следы в толще воды, градом осыпают несчастного. Вода имеет значительно более высокую плотность,

чем воздух. Практически при скорости пули 100 м/с вода встречает пулю как твердая преграда. Усилиями как западных кинорежиссеров, так и отечественных, кинематограф закрепляет в сознании обывателя мнение о возможности проникновения пули в воду, ее движения в воде и нанесение каких-либо телесных повреждений боевому пловцу. Ошибочность подобного мнения приводит к многочисленным несчастным случаям. Для исследования движения пули в воде проводился эксперимент. Результаты стрельбы показали, что максимальное расстояние, преодолеваемое пулей пулемета Калашникова (винтовочный патрон калибра 7,62 мм) – 0,7 м. Однако существуют гораздо более простые и, что самое главное, более эффективные средства защиты. Как показывает практический опыт, «достать» человека в воде с берега можно с помощью гранат [8].

В этой связи важным элементом системы обороны в ближайшей зоне акватории портов, а также отдельно взятых объектов, буровых платформ или кораблей становится противодиверсионное гранатометное вооружение. Научно-производственное объединение «Базальт» является в РФ головным разработчиком стационарных малогабаритных гранатометных комплексов (МРГ-1, ДП-65) и ручных противодиверсионных гранатометов (ДП-61, ДП-64) [9].

Для защиты ближней зоны охраняемых объектов от ПДС на дальностях 500 м еще в середине 1970-х гг. на вооружение ВМФ был принят многоствольный реактивный гранатомет МРГ-1 «Огонек» (рис. 3). Он представляет собой реактивную пусковую установку, состоящую из семиствольного пускового блока,



Рис. 3. Противодиверсионный многоствольный реактивный гранатомет МРГ-1

установленного на треноге, автономного источника питания и кабеля. Обслуживается гранатомет расчетом из двух человек. Благодаря своему небольшому весу (53 кг) и блочной конструкции, позволяющей легко и быстро проводить его разборку, гранатомет МРГ-1 в кратчайшее время устанавливается на палубе корабля или на берегу. После наведения на цель стрельба производится дистанционно (с расстояния до 30 м) [10].

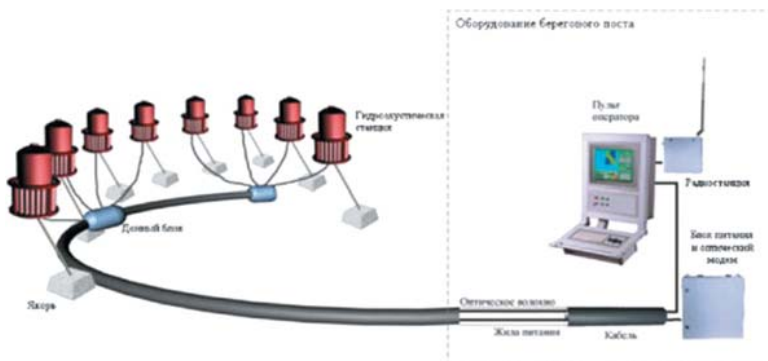


Рис. 1. Система мониторинга акватории

В начале 1991 г. был разработан и принят на вооружение ВМФ СССР автоматизированный малогабаритный управляемый гранатометный комплекс ДП-65 (рис. 4). Его пусковая установка в отличие от МРГ-1 оснащена электроприводами механизмов вертикального и горизонтального наведения, благодаря чему наведение ДП-65 осуществляется с пульта управления дистанционно на расстояние до 100 м. Причем один пульт позволяет поочередно обслуживать до четырех гранатометных комплексов ДП-65 [10].

Комплекс имеет следующие характеристики: калибр – 55 мм; количество стволов – 10 шт.; масса гранатомета – 120 кг, гранаты – 0,93 кг; максимальная дальность стрельбы – 500 м; радиус поражения ПД – 16 м, глубина поражения ПД – 40 м; время обозначения цели сигнальной гранатой – 50 с.

Гранатометный комплекс ДП-65 устанавливается на больших надводных кораблях и судах, а также на различных береговых объектах и может эффективно использоваться против всех видов современных ПДС.



Рис. 4. Противодиверсионный автоматизированный гранатометный комплекс ДП-65

Боекомплект гранатометов МРГ-1 и ДП-65 включает реактивную сигнальную гранату ГРС-55 и реактивную фугасную гранату РГ-55 М. Граната ГРС-55 используется для обозначения местонахождения обнаруженных подводных диверсантов, по своим массо-габаритным характеристикам и дальности стрельбы она аналогична РГ-55 М. При встрече с поверхностью воды пиротехнический факел, выталкивается пружиной из корпуса, всплывает и горит ярким красным пламенем не менее 50 с. Стрельба на поражение подводных диверсантов ведется гранатами РГ-55 М по горящему факелу сигнальной гранаты, которая является ориентиром для наводчика. Данные системы по своим тактико-техническим характеристикам полностью удовлетворяют современному уровню требований, предъявляемых к противодиверсионному гранатометному вооружению.

Учитывая быстрое развитие в последние годы технической оснащенности

ПДС, особенно подводных средств движения в настоящее время ведутся интенсивные работы, которые направлены:

- на увеличение дальности стрельбы (до 1000 м), радиуса (до 20 м) и глубины поражения ПД (до 60 м) за счет создания новой реактивной гранаты повышенной мощности;

- на обеспечение стрельбы из гранатометной установки ДП-65 в упрежденное место цели за счет разработки приборов управления стрельбой и новых высокоэффективных средств обнаружения.

Ручные противодиверсионные гранатометы в отличие от стационарных комплексов не требуют специально оборудованных позиций на корабле и на берегу, поэтому они получили широкое применение в системе противодиверсионной обороны, особенно для защиты малогабаритных объектов.

В конце 70-х гг. на вооружение ВМФ был принят разработанный ГНПО «Базальт» ручной противодиверсионный гранатомет ДП-61 «Дуэль», отличительной особенностью которого является возможность ведения прицельной стрельбы с плеча в диапазоне углов вертикального наведения от –45 до +45° на дальности до 500 м (рис. 5).

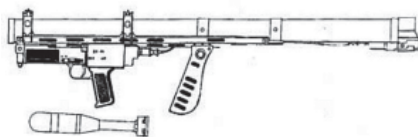


Рис. 5. Ручной противодиверсионный гранатомет ДП-61

В отличие от многоствольных противодиверсионных гранатометов ДП-61 имеет только один ствол. Для стрельбы из гранатомета ДП-61 используются фугасная реактивная граната РГ-55 М и сигнальная граната ГРС-55. Калибр 55 мм. Вес без гранаты 6 кг. Прицельная дальность выстрела – 500 м. Эффективный радиус поражения – 18 м. Однако наличие опасной зоны за казенным срезом ручного гранатомета сильно ограничивало сферу его применения.

В 1990 г. был разработан и принят на вооружение ручной противодиверсионный гранатомет ДП-64 «Непрядва» (рис. 6).



Рис. 6. Ручной противодиверсионный гранатомет ДП-64 и его гранаты

При его создании решались две задачи: эффективное поражение боевых пловцов и максимальное удобство в экс-

плуатации. Поэтому в его конструкции применена активная схема запуска гранат. Гранатомет имеет закрытую казенную часть, что значительно расширяет диапазон его боевого применения. Из ДП-64 можно вести стрельбу как из обычного стрелкового оружия с любого места палубы корабля, из рубки подводной лодки в надводном положении, с вертолета. Из-за оригинальной конструкции гранатомет является практически бесшумным оружием, что имеет большое значение при его использовании в пунктах базирования. В отличие от ДП-61 новый гранатомет имеет два расположенных вертикально ствола калибром 45 мм, что увеличивает темп стрельбы до шести выстрелов в минуту [10].

Гранатомет ДП-64 имеет следующие характеристики: калибр – 45 мм; количество стволов – 2 шт.; масса гранатомета – 10 кг, гранаты – 0,65 кг; максимальная дальность стрельбы – 400 м; радиус поражения ПД – 14 м; глубина поражения ПД – 40 м; время обозначения цели сигнальной гранатой – 50 с.

В боекомплект ДП-64 входят два типа гранат: сигнальная СГ-45, предназначенная для обозначения места нахождения подводных диверсантов, и фугасная ФГ-45 – для их уничтожения. Для увеличения боевой эффективности и расширения сферы боевого применения гранатомета ДП-64 в настоящее время ведется разработка осколочной гранаты, способной поражать открыто расположенную живую силу и небронированную технику. Прицел с механическим уровнем позволяет вести стрельбу как прямой наводкой, так и с закрытой позиции. Выстрелы из гранатомета выполняются поочередно из каждого ствола. Заряжание осуществляется с казенной части, при этом затвор открывается, и в каждый ствол вкладываются подготовленные к стрельбе гранаты ФГ-45 или СГ-45 [10].

Фугасная граната обеспечивает поражение цели. Перед началом стрельбы взрыватель механического типа, расположенный в носовой части ФГ-45, устанавливается на глубину срабатывания. При достижении заданной глубины происходит подрыв взрывчатого вещества. Уничтожение подводного диверсанта осуществляется не с помощью поражающих элементов (осколков, шариков и т.д.), а за счет создания мощной гидроакустической ударной волны [11].

Стационарные противодиверсионные гранатометные комплексы (МРГ-1, ДП-65) и ручные противодиверсионные гранатометы (ДП-61, ДП-64) состоят на вооружении российской армии и флота и успешно и позволяют решать задачи по защите объектов от боевых пловцов-диверсантов. Их надежность и высокая боевая эффективность подтверждены многолетним опытом эксплуатации в различных климатических зонах [12, 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Каторин Ю. Ф., Коротков В. В., Нырков А. П. Защищенность информации в каналах передачи данных в береговых сетях автоматизированной идентификационной системы // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – № 1. – С. 98–102.
2. Нырков А. П., Викулин П. В. Безопасность информационных потоков в АСУДС // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2010. – № 4. – С. 78–82.
3. Нырков А. П., Соколов С. С., Белюсов А. С. Помехозащищенность как фактор обеспечения стабильной работы сети передачи данных на транспорте // Сб. науч. тр. Sworld. – 2013. – Т. 8. – № 1. – С. 5–9.
4. Нырков А. П., Каторин Ю. Ф., Соколов С. С., Ежуров В. Н. Основные принципы построения защищенных информационных систем автоматизированного управления транспортно-логистическим комплексом // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2013. – № 2 (2). – С. 54–58.
5. Миллер Д. Подводный спецназ: история, операции, снаряжение, вооружение, подготовка. – Минск, Изд.-во «Харвест», 1998. – 496 с.
6. Смерть под крейсером // Московские новости. – 1996. – 17.09.
7. Подводная элита державы // Независимая газета. – 2000. – 01.09.
8. Войска трех стихий // Независимая газета. – 2000. – 25.08.
9. Таран А., Бешанов В. Люди-лягушки. История подводных диверсионных сил и средств. – М.: АСТ, 2000. – 412 с.
10. Оружие против морских диверсантов // Военный парад. – 2002. № 3. – С. 19–24.
11. Бру В. Подводные диверсанты. Сокращ. перевод с франц. Б. С. Вайсмана и Б. А. Николова. – М.: Изд. иностр. лит.-ры, 1957. – 182 с.
12. Seapatrol: безопасность как услуга – <http://sea-patrol.org/zashita-akvatoriya-ru.html>: Мониторинг и защита акваторий / Основные предположения/2009–2011.
13. Андерсон Мартин Эдвин. Underwater security garners more cash & new technologies (Подводная безопасность – новые технологии и рост затрат). GSN Homeland Security Insider. – 2005. ■

В 2012 г. исполнилось 100 лет со дня гибели пассажирского лайнера «Титаник». Это был первый случай крупной техногенной катастрофы, повлекший за собой массовую гибель людей из-за отсутствия достаточного количества средств коллективного спасения экипажа и пассажиров. Происшествие положило начало созданию международной системы спасения человеческой жизни на море, которая под названием Safety of Life at Sea (Безопасность жизни на море – СОЛАС) была принята Международной морской организацией (ИМО) в 1960 г. в качестве Международной конвенции. На базе СОЛАС Комитетом по безопасности на море ИМО принят Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс КСС – LSA CODE), который с 1 июля 1998 г. является обязательным приложением СОЛАС.

Наиболее эффективными средствами коллективного спасения (СКС), способными в короткое время обеспечить проведение спасательной операции и отход экипажа и пассажиров на безопасное расстояние от терпящего бедствие судна и полностью отвечающие конвенционным требованиям СОЛАС, являются моторные спасательные шлюпки, оснащенные надежными энергетическими установками (ЭУ) на базе малоразмерных дизелей (МД). В аварийных ситуациях условием успешного проведения спасательной операции является, в первую очередь, безотказная и эффективная работа дизеля ЭУ СКС.

Эффективные ЭУ определяют показатели, характеризующие мощность двигателя (N_e , $M_{кр}$, p_e), необходимую для движения СКС с конвенционной скоростью и работы его систем жизнеобеспечения, баланс мощности и экономичности ЭУ по удельным расходам топлива и масла. Важными показателями также являются: полный КПД пропульсивного комплекса $\eta_{пк}$, характеризующий потери мощности в двигателе $\eta_{м}$, реверсивноредукторной передаче $\eta_{р}$, валопроводе и гребном винте $\eta_{в}$, насосах систем осу-

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ШЛЮПОК

В.В. Алексеев, зав. судомеханическим отделением Каспийского института морского и речного транспорта (Астраханский филиал Волжской государственной академии водного транспорта),

П.А. Дорохов, инженер-инспектор, Астраханский филиал ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,
контакт. тел. (812) 605 0521

шения и орошения $\eta_{и}$, генераторах питания бортовой сети, радиостанции и зарядки аккумуляторов $\eta_{р}$, на преодоление сопротивления движению корпуса СКС и запаса мощности $\eta_{к}$. Указанная номенклатура оценочных показателей ЭУ существенно отличается от общепринятой [1] номенклатуры показателей ЭУ общего назначения, что объясняется спецификой функций, выполняемых ЭУ при реализации спасательной операции.

В номенклатуру оценочных характеристик для ЭУ СКС целесообразно включить: внешнюю и винтовую характеристики ЭУ; пусковые характеристики, зависимость продолжительности пуска от различных конструктивных и эксплуатационных факторов: температуры окружающей среды, частоты вращения коленчатого вала, цикловой подачи топлива, угла опережения начала впрыска топлива и др.

Перечисленный комплекс показателей и характеристик учитывает особенности ЭУ и позволяет оценить соответствие их международным и национальным требованиям. Полный комплекс или часть предложенных оценочных показателей может использоваться при проведении научно-исследовательских, опытно-конструкторских, заводских и других видов испытаний. ОАО «Завод «Дагдизель» – единственное предприятие в РФ, которое серийно выпускает двигатели для средств коллективного спасения морских и речных судов коммерческого флота и кораблей ВМФ.

Повышение качества уровня и эксплуатационных показателей двигателей спасательных средств – важная и актуальная задача не только для специалистов завода, но и ученых и инженеров, работающих в данной области.

Среди довольно многочисленных модификаций шлюпочных двигателей выделяются дизели двух основных типоразмеров: 4ЧСП9,5/11 («Каспий 40») с объемно-плочным смесеобразованием и камерой сгорания (КС) полуразделенного типа в поршне ($N_e = 25$ кВт, при $n = 41,6$ с⁻¹) и 4ЧСП9,5/11 («Каспий 30М») с объемным смесеобразованием вихрекамерного типа ($N_e = 22$ кВт, при $n = 41,6$ с⁻¹). Двигатели с КС в поршне обладают двумя неоспоримыми преимуществами перед вихрекамерными дизелями – быстротой запуска и хорошей топливной экономичностью [2]. Их сравнительный анализ показывает, что переход на камеру сгорания в поршне позволяет снизить удельный расход топлива на 20–30 г/(кВт·ч). При этом максимальное давление сгорания p_2 повышается не более чем на 0,5–0,7 МПа, а дизель устойчиво и стабильно работает во всем диапазоне нагрузок, разброс значений p_2 последующих циклов не превышает 4%.

Данные машины (двигатели спасательных средств) представляют собой класс машин одноразового действия с непрерывным периодом непрерывной работы, т.е. после выполнения своей функции, обеспечив спасение людей

после произошедшей морской катастрофы, последующее их использование как средств спасения на море не имеет смысла.

Но при этом двигатели средств коллективного спасения конструктивно, технологически, с точки зрения применяемых материалов повторяют более или менее удачные образцы судовых малоразмерных дизелей. В данной связи актуальным и дискуссионным становится вопрос применения относительно дорогостоящих технологических решений (коленчатые валы из стали 45X, закаленные до твердости 45–50 HRC; цилиндрические втулки из чугуна специального химического состава, тепловоспринимающая поверхность которых должна быть закалена до твердости не менее 37 HRC) на машинах по существу одноразового действия.

Еще одним дискуссионным аспектом является предпосылка о несомненных преимуществах дизелей с камерой сгорания в поршне перед вихрекамерными дизелями. Два безусловных преимущества: лучшие пусковые свойства во всех диапазонах температур окружающей среды (без применения устройств и средств ускорения пуска) и лучшая топливная экономичность.

Что касается топливной экономичности, то при осуществлении спасательных операций этот фактор не имеет преобладающего значения. При определении пусковых преимуществ двигателя с камерой в поршне следует учитывать использование быстроспламеняющихся жидкостей на основе диметилэфира во время предпусковых операций, а также поддержание в надлежащем порядке системы свечей накаливания.

Тем не менее есть ряд возможностей привести пусковые и маневренные качества вихрекамерного дизеля 4ЧСП9.5/11 («Каспий 30М») к уровню требований СОЛАС и МКСС. Известно, что недостаточная скорость запуска вихрекамерной машины на палубе судна связана со значительными потерями теплоты при сжатии через тонкостенную сферическую стенку вихревой КС (камеры сгорания) в полость системы охлаждения. Термоизоляция КС с помощью обеспечения повышенного термического сопротивления теплопередаче даст возможность сократить теплопотери заряда сжатого воздуха.

Кроме того, вихрекамерные машины обладают рядом существенных достоинств, а именно:

- создают меньший уровень шума и вибраций в силу более низких значений скорости нарастания давления при сгорании рабочей смеси, что немаловажно для обеспечения более комфортных условий для пассажиров шлюпки;
- обладают меньшим уровнем дымности благодаря хорошему смесеобразованию;

– оснащены простой по конструкции и надежной топливной аппаратурой, не особенно требовательной к качеству топлива.

В качестве примера упрощения конструкции и технологии изготовления шлюпочных дизелей рассмотрим влияние термообработки на прочность коленчатого вала (КВ) как одного из наиболее ответственных элементов двигателя, стоимость которого составляет около 15% всей стоимости машины.

Правила Российского морского регистра судоходства в части требований к прочности и надежности коленчатых валов [3] исходят из особенностей работы главных и вспомогательных судовых дизелей, подвергающихся, в отличие от транспортных и промышленных двигателей, дополнительным динамическим воздействиям вследствие продольных и поперечных волновых нагрузок. Это выражается в задании увеличенных коэффициентов запасов прочности как за счет качества материалов, размерных соотношений, так и за счет термической и химико-термической обработки. Однако дизели спасательных шлюпок работают не в типовых условиях для судовых дизелей – они находятся в стадии ожидания использования, а при реализации спасательной операции их срок службы невелик, время хода спасательной шлюпки по запасам – около 30 ч, и за этот период никакие существенные динамические воздействия на работу кривошипно-шатунного механизма, в том числе и коленчатого вала, могут не возникнуть.

Это было проверено экспериментально, когда по инициативе завода «Дагдизель» опытная партия двигателей 4ЧСП8,5/11 (ДС 25М), поставляемые Астраханским рыбацкохозсоюзом и Соломбальской судовой верфью для использования в качестве главных двигателей рыбопромысловых ботов и ботов-метчиков, не имела закаленных цилиндрических втулок и шеек коленчатых валов. При этом через 2000 ч службы и выхода из строя этих двигателей по причинам, связанным с кривошипно-шатунным механизмом (выход из строя системы топливоподачи, системы охлаждения), при проведении микрометража специалистами завода «Дагдизель» было установлено нахождение значений износов на отработанный период в нормативных пределах.

Многочисленными экспериментами и опытом многолетней эксплуатации автотракторных двигателей, работающих в весьма неблагоприятных условиях, подтверждено, что для надежной работы двигателя запас прочности любого элемента КВ, рассчитанного по разрезной схеме, не должен быть ниже 1,3. Методика расчета, учитывающая общую неравномерность распределения и влияние концентрации напряжений, апробирова-

на экспериментами и эксплуатационными наблюдениями. Полученные в результате расчета значения запасов прочности не учитывают влияния термических, химикотермических, деформационных и других способов упрочнения КВ, обычно применяемых в производстве. Согласно результатам расчета, минимальный запас прочности шейки равен 1,32, а шатунной шейки – 3,8. Основные результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1
Значение запасов прочности

Запасы усталостной прочности		
Коренные шейки	Шатунные шейки	Щеки
	5,3	1,32
5,4	3,8	1,55
5,75	3,92	1,32
5,82	4,3	1,32
5,65		1,55
		1,55
	0	1,32

Любые термические, химикотермические и прочие способы упрочнения поверхностного слоя, где наблюдаются максимальные значения номинальных концентрационных напряжений, направлены на обеспечение надежности вала главным образом при форсировании режима работы двигателя по среднему эффективному давлению и частоте вращения, т.е. по литровой мощности.

В свою очередь, на пределы выносливости оказывают влияние абсолютные размеры элемента вала и качество их поверхностей, которые оцениваются так называемыми масштабными и технологическими факторами. Окончательно для определения запаса усталостной прочности служат формулы [4]: по нормальным напряжениям; по касательным напряжениям; по суммарным напряжениям.

Рассмотрим влияние закалки поверхностей шатунных шеек токами высокой частоты (ТВЧ) на их усталостную прочность. При этом для сталей некоторыми слагаемыми в знаменателях формул для сравнительных расчетов можно пренебречь.

Согласно техническим требованиям, для изготовления дизелей 5Д4М ДС25М (оба типа 4Ч8,5/11 и др.) заготовка вала после нормализации имеет твердость 187–255 НВ, а шейки вала подвергают поверхностной закалке ТВЧ на глубину 1,2–5 мм, до твердости 49,5 HRC (478 НВ). Заготовка вала имеет следующие характеристики механической прочности: предел прочности $\sigma_b = 650$ МПа; предел текучести $\sigma_t = 400$ МПа; предел усталости при изгибе $\sigma_{-1} = 297,7$ МПа; предел усталости при кручении $\tau_{-1} = 172,7$ МПа.

После закалки предел прочности поверхностного слоя возрастает до величины $\sigma_b^{ТВЧ} = (\mu - 1)НВ = 1290$ МПа.

Другие характеристики механической прочности принимают значения:

$\sigma_T = 0,56\sigma_B = 720$ МПа; $\sigma_1 = 0,45\sigma_B = 580$ МПа; $\tau_1 = 0,55\sigma_1 = 319$ МПа.

Вследствие термообработки усталостная прочность поверхностного слоя шеек в среднем увеличивается на 88%. Однако при этом изменяются и значения других коэффициентов, определяющих прочность вала. Дело в том, что с увеличением твердости и прочностных характеристик материал становится более чувствительным к концентрации напряжений и качеству поверхности [5], поэтому значения $K_{\sigma'}$, $K_{\tau'}$, $\xi_{\sigma'}$, $\xi_{\tau'}$, $\xi_{\sigma''}$, $\xi_{\tau''}$ также претерпевают определенные изменения. Это положение подтверждается данными из источника [3]. Данные относятся к обработке поверхности шлифованием и размерам шеек до 100 мм в диаметре. Значения коэффициентов концентрации напряжений приведены в табл. 2.

На основании данных, приведенных в табл. 2, эффективные значения коэффициентов концентрации напряжений у краев масляных отверстий в шейках КВ принимают следующие величины:

Таблица 2
Значения коэффициентов концентрации напряжений

Характеристика стали	Показатель			
	K_{σ}	K_{τ}	$\xi_{\sigma}' = \xi_{\tau}'$	$\xi_{\sigma}'' = \xi_{\tau}''$
$\sigma_B = 500-700$ МПа	1,8	1,7	0,82	0,95
$\sigma_B = 800-110$ МПа	2,1	1,9	0,7	0,85

а) для сталей $\sigma_B = 500-700$ МПа

$$K_{\sigma.э.} = \frac{K_{\sigma}}{\xi_{\sigma}' \xi_{\sigma}''} = 2,3;$$

$$K_{\tau.э.} = \frac{K_{\tau}}{\xi_{\tau}' \xi_{\tau}''} = 2,17.$$

б) аналогично для сталей $\sigma_B = 800-1100$ МПа;
 $K_{\sigma.э.} = 3,53$, $K_{\tau.э.} = 3,2$.

Отсюда с учетом поверхностного упрочнения путем термообработки до 49,5 HRC запас усталостной прочности шатунной шейки можно оценить величиной $n_{\Sigma} = 4,78$, т.е. выше значения запаса прочности без учета влияния термообработки лишь на 26%.

Учитывая, что КВ содержит элементы с запасом прочности 1,32 (независящие от термообработки) и имея ввиду обще-

известную тенденцию к созданию равнопрочных конструкций деталей машин, можно утверждать, что отказ от термообработки шеек КВ ТВЧ не повлияет на надежность его работы с точки зрения прочности шеек вала. Регистром могут быть назначены соответствующие испытания для подтверждения полученных выводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масуев М.А., Зарубкин В.А. Основы оптимизации интегрированной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей//ЭИ «Конструкции автомобилей» / НИИНавтопром. – М., 1978, с.63–66.
2. Аливаабаев М.М. Двигатели спасательных шлюпок и катеров. – Л.: Судостроение, 1980. – 268 с.
3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. – Т. 2. – НД №2-020101-077. СПб, 2014, ч. IX: Механизмы. 2.4 – коленчатые валы.
4. Вихерт М.М. и др. Конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Машиностроение, 1964. – 552 с.
5. Орлов П.И. Основы конструирования: справ.-метод. пособие. – В 2 кн. – Кн. 2-я. – М., Машиностроение, 1988. – 543 с. ■

3 января 2015 г. 40-му Государственному НИИ аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ исполняется 70 лет (далее – Институт).

Циркуляром начальника Главного морского штаба ВМФ № 038 от 3 января 1945 г. были объявлены штаты НИИ аварийно-спасательной службы (АСС) ВМФ. Этот день считается официальным днем основания Института, который за свою многолетнюю историю неоднократно реформировался, изменял свое наименование, структуру и организационно-правовую форму.

Современное название Института, указанное в названии данной статьи, определено действующим в настоящее время Постановлением Правительства России № 174 от 1 марта 1993 г. «О совершенствовании деятельности ведомственных аварийно-спасательных служб».

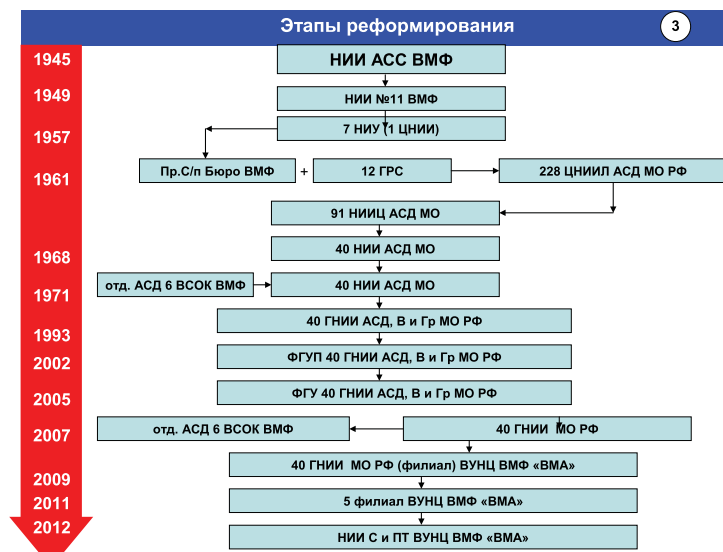
К 70-ЛЕТИЮ 40-го ГОСУДАРСТВЕННОГО НИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ДЕЛА, ВОДОЛАЗНЫХ И ГЛУБОКОВОДНЫХ РАБОТ

В.Н. Илюхин, *д-р техн. наук, проф., председатель «Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий», контакт. тел. (812) 927 8501*

Необходимость научно обоснованной программы работ по расчистке акваторий портов от затонувших и аварийных судов, необходимость создания новых технических средств для проведения водолазных и глубоководных работ, а также острая потребность совершенствования судов поисково-спасательного обеспечения (ПСО) и вызвали создание такого Института. Поэтому 26 октября 1944 г. Государственным Комитетом Обороны СССР было принято Постановление № 6800 «О подъеме и восстановлении военных кораблей и мероприятиях по улучшению судоподъемной организации Наркомвоенморфлота».

Под влиянием процессов военного строительства и реформирования ВМФ изменялись и формы функционирования Института. Уже в 1949 г. НИИ АСС переименовали в НИИ №11 ВМС. В 1957 г. он вошел как одно из научных подразделений (7-е Управление) в 1 НИИ ВМФ. Скоро всем стало ясно, что задачи НИИ АСС – совершенствование системы поисково-спасательного обеспечения (ПСО) ВМФ, ее сил и средств – выходят далеко за рамки задач института военного кораблестроения. Поэтому в июне 1961 г. на базе 7-го Управления 1 НИИ ВМФ, Проектно-судоподъемного Бюро АСС ВМФ и 12-й Гидрорекомпрессионной станции ВМФ была сформирована Центральная научно-исследовательская лаборатория АСД МО (228 НИЛ МО), а в начале 1961 г. она была переименована в самостоятельный 91-й Научно-исследовательский и испытательный центр АСД МО. В 1968 г. его преобразовали в 40 НИИ аварийно-спасательного дела и глубоководных работ МО СССР.

В 1946–1955 гг. в Институте разработаны новые ме-



Основные этапы реформирования Института

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

тоды и средства судоподъема, расчистки портов и прибрежных зон после Второй мировой войны. Всего за эти годы было поднято около 2700 кораблей.

В разработке проектов подъема и при их реализации участвовали сотрудники Института. Большая группа специалистов за работы при подъеме лайнеров «Ганза» и «Гамбург» была удостоена звания лауреатов Государственной премии.

Одной из первых работ Института стало возобновление начатых специалистами ЭПРОНА в предвоенные годы исследований по созданию глубоководного водолазного снаряжения. Уже к 1950 г. было создано глубоководное водолазное снаряжение ГКС-ЗМ, рассчитаны и апробированы безопасные режимы компрессии и декомпрессии для погружения на глубины до 200 м и более.

Водолазами-глубоководниками ВМФ в 1956 г. на Каспийском море достигнута глубина 300 м. Этот мировой рекорд покорения морских глубин продержался более четверти века. За разработку снаряжения ГКС-ЗМ ряд сотрудников Института также был удостоен Государственной премии.

В 1999 г. Государственная премия РФ в области науки и техники была присуждена двум сотрудникам Института за создание водолазной техники специального назначения.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных в научно-исследовательской базе (ЭНИБ) Института, все лаборатории которой к концу 80-х гг. были оснащены самой современной газоанализирующей, телевизионной и медицинской аппаратурой, использовались не только в ВМФ, но и в других ведомствах страны. Так, например, технология разработанного Институтым нового метода насыщенных погружений (или длительного пребывания (ДП) под повышенным давлением) для глубоководных водолазных работ были переданы в министерства, заинтересованные в морской добыче нефти и газа.

В 1980 г. за разработку и внедрение в практику высокоэффективного метода глубоководных работ до 300 м ряд сотрудников Института был удостоен звания лауреатов Государственной премии.

В конце 80-х – начале 90-х гг. в Институте были продолжены исследования по разработке технологии водолазных работ на глубинах до 500 м. Была проведена серия из 11 многоплановых экспериментов с более чем 25-суточным пребыванием людей на глубинах до 500 м под давлением.

Подобных экспериментов в мировой практике еще не было.

Более 80 сотрудников Института за участие в этих исследованиях были награждены государственными наградами. За героизм, мужество и отвагу при выполнении экспериментальных работ на глубине до 500 м капитану 3 ранга А.И. Ватагину и капитану 3 ранга Л.М. Солодкову было присвоено звание Героя Советского Союза, а за высокие научно-практические достижения в решении проблем медицинского обеспечения при освоении больших глубин руководителю экспериментов полковнику медицинской службы доктору медицинских наук, профессору В.В. Семко – звание Героя Социалистического Труда, капитану 1 ранга А.Г. Храмову и капитану 1 ранга В.С. Сластену – звания Героев Российской Федерации.

Разработанная Институтым технология водолазных погружений на такие глубины будет внедрена на строящемся спасательном судне пр.21300 с 500-метровым глубоководным водолазным комплексом.

Следует отметить, что координировала работы по гипербарии секция № 5 при Государственном комитете по науке и технике СССР, руководил которой заместитель ГК ВМФ – начальник тыла ВМФ адмирал В.В.Сидоров.

В 1991 г. с работами Института ознакомился председатель ГКЧС России С.К. Шойгу.

В настоящее время ЭНИБ после модернизации в конце 90-х и начале 2000-х гг. позволяет успешно проводить лабораторные испытания различных образцов поисково-спасатель-



Командование Института, акванавты и участники эксперимента по длительному пребыванию на глубине 500 м в 1990 г.

ной техники. Созданный в 1962 г. первый в стране береговой барокомплекс ГРК-30, отметивший совсем недавно свой полувек юбилей, продолжает успешно решать поставленные задачи после модернизации.

При участии специалистов Института в конце 80-х гг. были созданы первые отечественные телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА), комплексные телеуправляемые буксируемые искатели «Дельфин», «Трепанг», малогабаритный телеуправляемый подводный аппарат «Рапан», средства гидроакустического и телевизионного поиска и обследования затонувших объектов. На базе Института впервые в его истории в 2002 г. было проведено лицензирование зарубежными представителями специалистов всех флотов и вручены сертификаты на право эксплуатации импортной поисково-спасательной техники – ТНПА «Tiger», «Venom», нормобарических скафандров HS-1200 и др.

Одним из основных направлений в работе Института всегда являлась разработка методов и средств спасения личного состава из аварийной подводной лодки (ПЛ).

В 1958 – 1962 гг. с участием Института создана экспериментальная спасательная ПЛ пр. 666 с первым в мире самодвижимым спасательным аппаратом УПС, посредством которого впервые в мире был совершен переход подводников из ПЛ в спасательный аппарат с участием сотрудников Института.

В 1967 г. при научно-техническом сопровождении сотрудников Института разработан технический проект первого отечественного автономного спасательного подводного аппарата (СПА). В конце 70-гг. Институт принял участие в создании спасательных глубоководных аппаратов (СГА) третьего поколения, предназначенных для обеспечения погружения ПЛ до предельных глубин. В 1994 г. при научно-техническом сопровождении сотрудников Института был создан авиатранспортный СГА «Бестер», являющийся составным элементом аэромобильной спасательной системы.

За создание эффективных многофункциональных СГА третьего поколения «Приз» и «Бестер» группе сотрудникам УПАСР ВМФ и Института была присуждена премия Правительства РФ 1997 г. в области науки и техники.

В 1967 г. были начаты исследования по увеличению глубины самостоятельного спасения подводников методом свободного всплытия. В экспериментальных исследованиях была доказана возможность выхода из аварийной ПЛ с глубины до 400 м.

В лабораторных, а затем в морских условиях с использованием натурного макета нового шлюзового устройства ПЛ группой подводников в 1981 г. были совершены выходы из ПЛ методом свободного всплытия с глубин до 220 м.

Рост глубин погружения проектируемых ПЛ и ограниченные возможности спасательного снаряжения подводника послужили толчком для развития способа спасения подводников в жестких устройствах, всплывающих с предельных глубин погружения ПЛ.

Особую роль и место в деятельности Института занимают вопросы совершенствования методов и средств подъема затонувших объектов. Одновременно с теоретическими исследованиями разрабатываются технические средства



Участники юбилейного заседания НТС Института, посвященного 50-летию создания комплекса ГРК-30, 2012 г.

судоподъема. Совместно с бюро-проектантами и институтами ВМФ был создан комплекс устройств для быстрого и надежного подъема ПЛ, который в дальнейшем неоднократно использовался в практике судоподъемных работ.

Сотрудниками Института в последние годы были обоснованы новые типы глубоководных судоподъемных понтонов, разработаны требования к комплексу технических средств для подъема затонувших судов с применением разборных судоподъемных понтонов и ряд других технических средств.

Специалисты участвовали в наиболее сложных судоподъемных работах, проводившихся на флотах. За 1960 – 2014 гг. было разработано более 200 проектов подъема затонувших кораблей, судов, в том числе ПЛ С-80, С-178, К-429, К-141, транспортных доков ТПД-2, ТПД-17, плавбаз «Бирюса» и «Атрек», опытового судна «Кит», дизель-электрохода «Булгария», БПК «Очаков» на КЧФ и многих других [1].

Большое внимание Институт уделяет развитию средств оказания помощи и спасения личного состава аварийных кораблей.

При военно-техническом сопровождении наших сотрудников разработаны и приняты на снабжение ВМФ спасательные средства, удовлетворяющие требованиям международной конвенции СОЛАС–74/83, защитной одежды пожарного ВМФ, средств заделки повреждений корпуса корабля, водоотлива, тушения пожаров, оказания помощи приводнившимся космическим аппаратам и спасения космонавтов. Многие средства были заимствованы в других ведомствах и после испытаний и доработки приняты на снабжение ВМФ.

Одним из направлений деятельности Института с конца 90-х гг. стала координация работ по совместимости систем спасания экипажей аварийных пл силами ПСО ВМФ и систем спасания зарубежных стран. Специалисты Института принимали активное участие в разработке Соглашения о поиске и спасении аварийных подводных лодок ВМС России и ВМС стран НАТО.

В 1970 г. в Институте была создана штатная группа по обоснованию методологии развития системы ПСО, а в 1973 г. она была преобразована в отдел тактико-экономических обоснований и программного развития сил и средств ПСО ВМФ.

Институтом проделана большая работа по обоснованию требований к спасательным судам и их оснащению специальным оборудованием, по разработке основных направлений развития системы ПСО ВМФ на перспективу, предложений как в Программы кораблестроения и вооружения, так в федеральные целевые программы по совершенствованию систем спасения на море. Наши сотрудники участвовали в проектировании, постройке, испытаниях и опытной эксплуатации спасательных буксиров, водолазных судов и катеров, противопожарных судов и т.п., в том числе пр. 376рв, 522, 364, 1993, 527, 532, 1452, 05630, 537, 530, 05430, 11980, 21300, спасательной ПЛ пр. 940, ПЛ -лаборатории пр.1840 и др. [1].

Тем не менее в настоящее время актуальными остаются проблемы функционирования федеральной системы поиска и спасания людей на море. Опыт проведения поисковых, ава-

рийно-спасательных, подводно-технических, водолазных и глубоководных работ при авариях кораблей, морских и воздушных судов на море выявил:

- несовершенство ее структуры и организации;
- несоответствие современным требованиям действующей нормативно-правовой базы по вопросам поиска и спасания на море;
- несовершенство существующих систем сбора и обработки информации об авариях и принятия решений по их ликвидации;
- необходимость создания единой системы подготовки экипажей кораблей и судов по использованию индивидуальных и коллективных средств спасания и др.

Эти обстоятельства, а также *отсутствие федерального органа исполнительной власти*, который повседневно руководил бы деятельностью ведомственных морских аварийно-спасательных служб (нормативное и правовое обеспечение, единая техническая политика, разработка единых стандартов подготовки специалистов, сертификация поисково-спасательной техники и т.д.) послужили основанием для издания Постановлением Правительства России № 174 от 1 марта 1993 г. «О совершенствовании деятельности ведомственных аварийно-спасательных служб», согласно которому 40 НИИ Минобороны России переименован в 40 Государственный институт аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ и объявлен *головной в стране научно-исследовательской организацией в области формирования и развития поисково-спасательного обеспечения, предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России*. Статус государственного был присвоен Институту как *единственной в РФ научно-исследовательской организации, комплексно изучающей проблемы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности*.

На Институт были возложены дополнительные задачи, касающиеся не только обеспечения деятельности ВМФ, но и других министерств и ведомств страны. Для решения этих задач Институтом были разработаны:

- Концепция функционирования и развития подсистемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на море и водных бассейнах России;
- Федеральный план поиска и спасения;
- Положение о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России;
- Государственная программа строительства спасательных судов и катеров и ряд других документов федерального уровня.

Разработке этих документов способствовал Координационный научно-технический совет, созданный в 1995 г. В его состав совета вошли представители заинтересованных в этой работе различных министерств, ведомств и организаций страны.

Решение задач по оснащению спасателей современной поисково-спасательной техникой потребовало создания в 1999 г. при Институте испытательной лаборатории, аккредитованной Российским морским регистром судоходства, для проведения

испытаний индивидуальных и коллективных средств спасения.

Для проведения единой научно-технической политики в области стандартизации и унификации гипербарической техники на базе Института в 1999 г. приказом Председателя Госстандарта РФ № 191 от 27.04.1999 г. по стандартизации и метрологии РФ создан Технический комитет по стандартизации «Гипербарическая техника» – ТК-416. Институт в 1999–2014 гг. разработано более 30 ГОСТ на водолазную и спасательную технику.

С целью совершенствования подготовки и улучшения аттестации научных кадров высшей квалификации на основании решения Президиума Высшей аттестационной комиссии РФ от 28.03.1997 г. № 54кс приказом Председателя ВАК от 01.04.1997 г. № 49 в 40 ГосНИИ МО РФ создан Диссертационный совет ССК 106.14.01 по защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидатов технических и медицинских наук по специальности 05.26.02 «Безопасность, защита и жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях». В 1997–2013 гг. в этом Совете были успешно защищены 36 кандидатских диссертаций.

Таким образом, с выходом Постановления Правительства России № 174 от 1 марта 1993 г. «О совершенствовании деятельности ведомственных аварийно-спасательных служб» Институт фактически стал единственным *реальным инструментом проведения единой технической политики* России в области ПСО на море.

В соответствии с распоряжением Правительства от 11 ноября 2009 г. № 1695-р Институт в качестве филиала включен в состав Военного учебного научно-исследовательского центра (ВУНИЦ) ВМФ «Военно-морская академия», а затем переименован приказом Министра обороны РФ № 545 от 15 марта 2012 г. в НИИ спасания и подводных технологий ВУНИЦ ВМФ «Военно-морская академия». С этого момента Институт, к сожалению, перестал соответствовать требованиям научно-исследовательской организации, так как в соответствии со ст.5 ФЗ-127 «О науке и государственной научно-технической политике» от 23.6.1996 г. [2] «научной организацией признается *юридическое лицо* независимо от организационно-правовой формы и формы собственности...».

Институт потерял возможность самостоятельно проводить научно-техническую, кадровую, финансовую политику. Исключена из планов научной деятельности разработка руководящих документов ПСО федерального уровня, прекращена деятельность КНТС и т.д. Следует отметить, за прошедшие пять лет Институт прошел в составе ВУНИЦ ВМФ «Военно-морская академия» путь снижения своего статуса от филиала, обособленного структурного подразделения, до структурного подразделения. Весьма неудачно и нынешнее название Института, так как термин «подводные технологии» включает в себя очень широкий спектр задач: технологии изучения и освоения минеральных ресурсов, гидролокационные технологии, навигационно-гидрографические, подводное оружие, исследование биоресурсов и др. Данными вопросами Институт никогда не занимался.

Особо следует подчеркнуть, что с выходом Федерального закона №273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. «Об образовании в РФ» [3], согласно ст.27 п.2, «Образовательная организация может иметь в своей структуре различные подразделения, *которые могут осуществлять образовательную деятельность* с учетом уровня, вида и направленности реализуемых образовательных программ, формы обучения и режима пребывания обучающихся (филиалы, представительства, отделения, факультеты, институты,...», что делает неправомерным, с точки зрения данного закона, наличие в составе ВУНИЦ ВМФ «Военно-морская академия» институтов ВМФ.

Такое ненаучное реформирование военной науки в условиях более чем пятилетнего отсутствия руководящих документов по научной работе, соответствующих существующей структуре военно-научного комплекса страны, ведет к нарушению принципа системного подхода к решению многих задач, в том

числе и задач системы ПСО. Так, например, Институт в 2010–2013 гг. разработана «Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ на период до 2025 года» [4] (утверждена Министром обороны РФ 14 февраля 2014 г.), что является шагом вперед в развитии системы ПСО ВМФ.

Подчеркнем факт утверждения данной «Концепции» как положительный. Однако следует отметить, что при соблюдении системного подхода к вопросам ПСО морской деятельности (МД) РФ, т.е. при наличии утвержденных «Концепции развития системы ПСО МД РФ до 2030 г.» и «Концепции развития системы ПСО Вооруженных сил РФ до 2030 г.» и их последующей реализации, эффективность как федеральной системы ПСО МД, так и ее подсистем, существенно превосходила бы существующую.

Об отсутствии единой технической политики в федеральной системе поиска и спасания говорят материалы последнего Международного военно-морского салона [5], которые свидетельствуют о чрезмерном многообразии типов поисково-спасательной техники, создаваемой в интересах различных министерств и ведомств судов, что в современных условиях недопустимо.

Отсутствие их унификации приводят, в конечном счете, к уменьшению эффективности спасения, увеличению финансовых и материальных затрат, ухудшению качества спасательной подготовки и, как следствие, к гибели людей и материальным потерям на море и внутренних водных бассейнах.

На сегодняшний день назрела острая необходимость унификации спасательных средств, оборудования и требований к ним, а также научного решения накопившихся проблем ПСО МД России. Головную роль при решении этих вопросов должен был бы играть *Институт с возложенными на него соответствующими задачами федерального уровня, каким и являлся в 1993–2009 гг. 40 ГНИИ МО РФ.*

Именно с образования в 1945 г. специализированного НИИ развитие аварийно-спасательного, судоподъемного и водолазного дела приобрело более целенаправленный и системный характер, улучшилась координация деятельности научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций страны в интересах развития сил и средств ПСО ВМФ и России.

За прошедшие 70 лет многократно менялись организационно-правовая форма, структура и названия Института, но его основой, содержанием его работы всегда было, есть и останется аварийно-спасательное, судоподъемное и водолазное дело, актуальность решения задач которого только возрастает.

За достигнутыми результатами научной деятельности Института стоит напряженный труд сотен научных сотрудников, водолазов-испытателей, инженеров, конструкторов, техников и рабочих на протяжении почти 70 лет.

Основную ценность Института представляет его научный потенциал. Это – дипломированные ученые, офицеры-практики, имеющие опыт службы в подразделениях АСС, ПСС и УПАСР ВМФ, подразделениях флотов, на подводных лодках и кораблях. Неоценимый вклад в решение поставленных сегодня научных задач перед Институте вносят заслуженные ветераны, многие из которых награждены государственными наградами, удостоены почетных званий.

От имени Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий поздравляю всех сотрудников и ветеранов Института с его 70-летием, желаю новых творческих успехов в решении актуальных проблем ПСО морской деятельности России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Илюхин В.Н., Никитинский А.И., Молчанов В.А. и др.* – Спасатели Военно-морского флота. – М.: Воениздат, 1996.
2. ФЗ-127 от 23 июня 1996 г. «О науке и государственной научно-технической политике».
3. ФЗ-273 от 29 декабря 2012 г. «Об образовании в РФ».
4. Концепция развития системы ПСО ВМФ до 2025 г. // Морская политика России. – 2013 г. – С 64–69.
5. IMDS. Каталог продукции. – СПб.: ЗАО «Морской салон», 2013. ■



ФГУП «КБ «АРСЕНАЛ»: НОВЫЕ ПРОЕКТЫ – В ЖИЗНЬ К 65-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. Романов, д-р техн. наук, академик Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, ген. директор ФГУП «КБ «Арсенал», контакт. тел. (812) 542 2973

21 ноября ФГУП «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М. В. Фрунзе» отмечает 65-летие со дня основания.

– Андрей Васильевич, напомните, пожалуйста, читателям историю предприятия.

– Конструкторское бюро «Арсенал» – неотъемлемая часть Санкт-Петербургского «Арсенала», который ведет свою историю с основанного Петром I в 1711 г. пушечного «Литейного двора», ставшего родоначальником производства российского артиллерийского вооружения.

Конструкторское бюро «Арсенал» (изначально – ЦКБ № 7, ЦКБ-7) с опытной производственной базой образовано в 1949 г. при машиностроительном заводе № 7 (ныне – ОАО «Машиностроительный завод «Арсенал»). На ЦКБ-7 возлагалось ведение проектно-конструкторских работ по морской автоматической зенитной артиллерии и артиллерийских систем на долговременных огневых точках (ДОТ) укрепленных районов.

В настоящее время ФГУП «КБ «Арсенал» входит в число ведущих разработчиков и изготовителей космической техники, корабельных артиллерийских и пусковых установок и находится в ведении Федерального космического агентства («Роскосмос»).

Основными направлениями деятельности ФГУП «КБ «Арсенал» являются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию космических систем, комплексов и аппаратов различного назначения и их составных элементов; научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию корабельных автоматических артиллерийских и пусковых ракетных установок; разработка и изготовление технологического и испытательного оборудования.

– В чем уникальность КБ?

– КБ «Арсенал» – исторически инновационное предприятие – во все годы своего существования «Арсенал» создавал и разрабатывал уникальные технические средства и технологии широкой номенклатуры, направленные на укрепление обороноспособности страны. Большинство из этих созданных «с нуля» изделий не имели аналогов, и перед инженерами и конструкторами стояла сложная задача – работать по новой теме при минимальном количестве доступных знаний. Поэтому эту работу можно сравнить с «ростком» новых технологий, пробивающем себе дорогу и вырастающем в новое знание по критически важным областям техники, которыми затем уже свободно могли пользоваться последователи.

В качестве примера можно привести создание корабельных артиллерийских установок – 100-мм одноорудийной АК-100 и 130-мм двухорудийной АК-130, а также пусковых корабель-



Автоматическая пусковая установка ЗИФ-121-02 комплекса постановки ложных целей ПК-2М

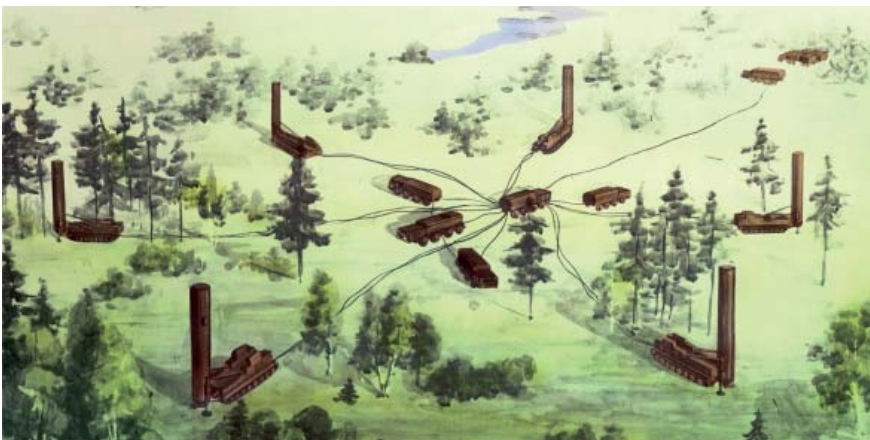
ных установок для зенитных ракетных комплексов ЗИФ-122 и комплексов постановки помех ЗИФ-121-02. Также КБ «Арсенал» были созданы первые ракетные комплексы стратегического назначения с твердотопливными ракетами РТ-2, РТ-15, РТ-2П, комплекс ракетного оружия Д-11 с твердотопливной ракетой Р-31 для вооружения подводных лодок. Это были, по существу, пионерные работы.



100-мм корабельная артиллерийская установка АК-100



130-мм корабельная артиллерийская установка АК-130



Первый в стране подвижный боевой ракетный комплекс 15П696 стратегического назначения с твердотопливной баллистической ракетой РТ-15

– Кто является партнерами КБ «Арсенал», с кем вы сотрудничаете?

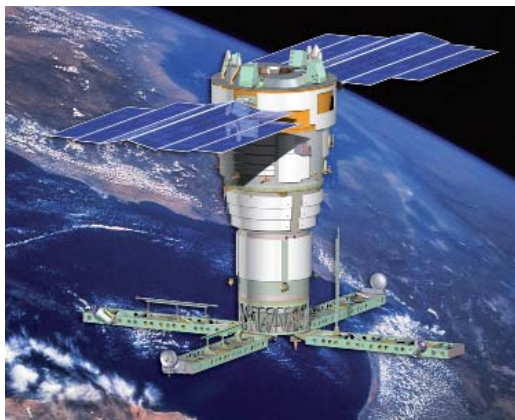
– КБ «Арсенал» универсально – по ряду тем предприятие может выступать головным, руководить проектом, а также интегрировать и координировать работу десятков промышленных, научных и научно-исследовательских предприятий, формировать единую цель, ставить задачи и синтезировать новую продукцию. Одновременно КБ – эффективный и надежный контрагент при создании уникальных элементов. К таковым можно отнести создание в 80-х гг. мощных рулевых приводов для ракеты-носителя «Энергия» многоразовой космической системы «Энергия-Буран». В этом году КБ была завершена работа по теме «Нуклон» по заказу Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ, предусматривающая изготовление гермоконтейнера с научной аппаратурой для установки на космический аппарат «Ресурс-П» разработки ОАО «РКЦ «Прогресс».



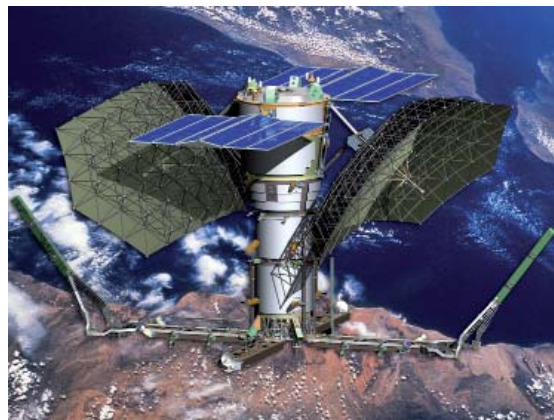
Рулевой привод 2Д-4100-000 для ракетного двигателя РД-170 (НПО «Энергомаш»), который входил в комплектацию I ступени (блок А) ракеты-носителя «Энергия»



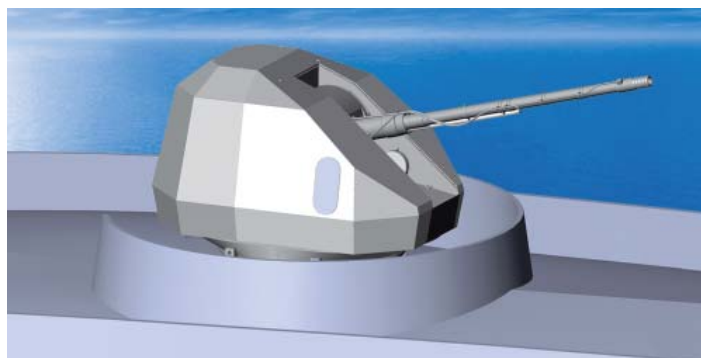
Рулевой привод 6Д-4100-000 для ракетного двигателя РД-0120 (КБХА), который входил в комплектацию II ступени (блок Ц) ракеты-носителя «Энергия»



Космический аппарат «Лотос-С»



Космический аппарат «Пион-НКС»



130-мм корабельная артиллерийская установка А-192

– Над чем работает КБ сегодня?

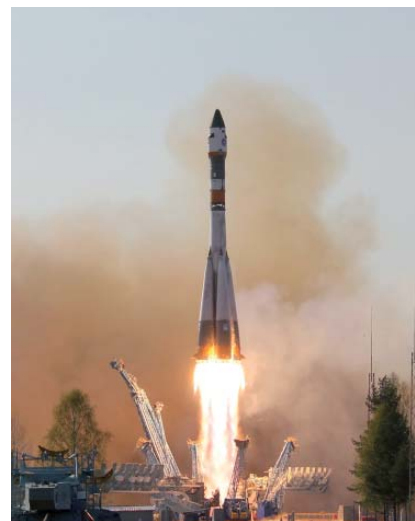
– Историческим направлением деятельности КБ «Арсенал» является артиллерия. В настоящее время петербургский «Арсенал», как я уже сказал, – ведущее предприятие в России по созданию корабельных артиллерийских установок среднего калибра. Например, установки АК-130 размещены на российских крейсерах «Москва», «Маршал Устинов», «Петр Великий», составляющих основную мощь ВМФ, а новейший сторожевой корабль «Ярослав Мудрый» оснащен установкой АК-100. Также АК-130 и АК-100 поставлялись и находятся на вооружении надводных кораблей ВМС Китая, Индии и других стран.

Сегодня это направление деятельности КБ «Арсенал» получило свое продолжение при создании совместно с ОАО «Машиностроительный завод «Арсенал» 130-мм корабельной артиллерийской установки А-192, предназначенной для вооружения боевых надводных кораблей среднего водоизмещения и обеспечения стрельбы по береговым, воздушным и морским целям.

– Можете ли Вы подробнее рассказать о ракетно-космическом направлении работы КБ?

– Не менее важное направление работ КБ «Арсенал» – ракетно-космическое, а именно: создание космических средств информационного обеспечения вооружений. Одно из возможных направлений работ предприятия в этой области – создание оружия и интеграция

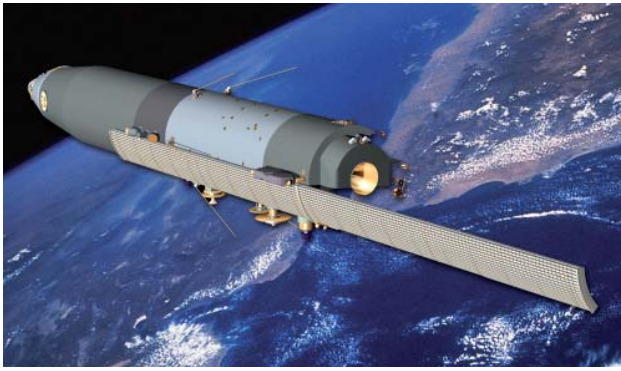
его в информационный контур, и наоборот – создание информационного контура, в который интегрируется оружие. Эти задачи нужно решать комплексно, и для этого есть все возможности.



Запуск космического аппарата нового поколения

– В наши дни актуально создание космических платформ повышенной энерговооруженности. Каково участие КБ «Арсенал» в этой области?

– Наряду с созданием космических комплексов наблюдения за земной поверхностью нового поколения ФГУП «КБ «Арсенал» продолжает работы по созданию универсальных космических платформ повышенной энерговооруженности с ядерными энергетическими установками.



Система МКРЦ «Легенда». Космический аппарат УС-А с ЯЭУ «Бук»



Система МКРЦ «Легенда». Космический аппарат УС-II

В настоящее время на уровне руководства «Роскосмоса» и оборонно-промышленного комплекса принято решение о том, что КБ «Арсенал» будет головной организацией по созданию и обеспечению целевого применения космических средств повышенной энерговооруженности с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), конечно, с опорой на широкий круг промышленных предприятий и военно-научные организации.

Опыт создания таких космических аппаратов у КБ «Арсенал» есть – с 1973 г. на заводе «Арсенал» производились разработанные КБ «Арсенал» космические аппараты с ЯЭУ УС-А и космические аппараты с солнечной энергетической установкой УС-II, входившие в систему морской космической разведки и целеуказания (МКРЦ). Система успешно прошла летные испытания, и в 1978 г. космическая система была принята на вооружение в полном объеме. Результаты работ, выполненных коллективом «Арсенала», послужили основой для принятия правительством решения о закреплении за предприятием статуса головного по созданию космических комплексов наблюдения за акваторией Мирового океана. В общей сложности «Арсенал» в кооперации обеспечил разработку, изготовление и эксплуатацию более 80 космических аппаратов серии «Космос». На трех из них в 1995–2008 годах был реализован космический эксперимент «Конус-А», осуществленный в рамках совместного с США космического проекта «Винд-Ко-



Космический аппарат УС-III с научной аппаратурой «Конус-А»

нус» по исследованию всплесков космического гамма-излучения, являющихся одной из главных загадок современной астрофизики. Эксперимент дал ценные научные результаты.

– *Получается, КБ ведет всесторонние научные разработки в области энергетики. Над чем именно предприятие работает сегодня?*

– В наши дни отечественная научная школа космической ядерной энергетики работает в двух направлениях.

Одно из них рассматривает создание сверхтяжелой космической платформы с ЯЭУ мегаваттного класса, основанной на турбомашинном принципе выработки энергии. Несколько лет назад Исследовательский центр имени М.В. Келдыша, получив государственную поддержку, заявил о своей готовности разработать такую космическую платформу к 2018 г. Созданию подобной технической конструкции позволило бы нашей стране совершить очередной прорыв в области космических технологий и снова занять передовые позиции в мировой космической отрасли. Однако практика показывает, что трудности, возникшие в ходе реализации этого проекта, превзошли ожидаемые. Например, размеры такой космической платформы в развернутом ее состоянии – более 50 м. Эту конструкцию придется запускать в космос с помощью тяжелых носителей, которых еще нет даже на бумаге, в два этапа, а затем состыковывать на орбите. Кроме того, создание самой ЯЭУ подобного типа требует использования большого количества совершенно уникальных материалов, что неизбежно повлечет удорожание установок.

В настоящее время руководством Роскосмоса принято решение о передаче головной роли по платформе с ЯЭУ мегаваттного класса от Центра Келдыша к ФГУП «КБ «Арсенал». Наши специалисты проводят экспертную оценку наработанного задела и формируют предложения по порядку дальнейших работ. Принимая во внимание всю техническую и даже политическую значимость этого проекта, наличие теоретических знаний, накопленных нашей научной

школой за долгие годы, практический опыт, полученный в ходе создания и эксплуатационного сопровождения космических аппаратов с ЯЭУ, уже функционирующих на орбитах, без всякого сомнения, послужат успешному достижению целей, поставленных перед отечественной космонавтикой.

Другое направление создания космических средств повышенной энерговооруженности, приверженцем которого является и «Арсенал», можно назвать традиционным, ведь космические аппараты, созданные на его принципах, уже функционировали в космосе на протяжении почти 20 лет. Речь идет об аппаратах с термоэмиссионными ЯЭУ. За то время, которое прошло после запуска аппарата «Космос-1932» (14.03.1988 г.), последнего в серии аппаратов, функционировавших в космосе с ЯЭУ, немало сделано в рамках развития этого проекта. Причем должен отметить, что многое делалось его участниками в инициативном порядке.

Так, в результате работ, проводившихся ОАО «Красная Звезда», готов к запуску в производство целый параметрический ряд термоэмиссионных ЯЭУ второго поколения. Основные технические параметры таких ЯЭУ характеризуются высокими значениями полезной электрической мощности (от 20 до 500 кВт) и гарантируют их высокую надежность, а значит, и значительный ресурс работы в условиях космического пространства – от пяти до семи лет и в перспективе до 10 лет.

Одновременно ФГУП «КБ «Арсенал» совместно с заводом «Арсенал» провели научно-проектные работы в области формирования облика космической платформы (КП), основу энергообеспечения которой и составят термоэмиссионные ЯЭУ второго поколения, а также подготовили производственно-техническую базу для создания этих платформ. Согласно нашим замыслам, такие аппараты должны быть универсальными, то есть на их базе можно будет развертывать орбитальные группировки различного назначения, а также должны соответствовать всем требова-



Экспериментальный космический аппарат «Плазма-А» с ЯЭУ «Юназ»



Перспективный экспериментальный космический аппарат с ЯЭУ

ниям их безопасной эксплуатации.

Надо заметить, что многие составляющие этого проекта – не просто мечты, а реальные результаты, воплощенные в технической документации, отработанных технологических процессах и даже в металле.

Работы по созданию универсальной КП с ЯЭУ проводятся КБ «Арсенал» в свете требований «Концепции развития космической ядерной энергетики в России», принятой Постановлением Правительства РФ от 02.02.1998 г. № 144.

Важно отметить, что использование ядерной энергетики в космосе не только легитимно, но и входит в перечень перспективных задач развития космической техники ведущих космических держав мира.

Такая платформа разрабатывается с целью решения перспективных задач в области обороны и безопасности, социально-экономического развития и наук. Круг этих задач довольно широк – от транспортировки грузов в космическом пространстве до дистанционного зондирования земной поверхности и исследований ближнего и дальнего космоса. То есть все те задачи, решение которых требует высокой бортовой энергетики.

– О каких последних разработках в этой сфере Вы можете рассказать?

– В настоящее время ФГУП «КБ «Арсенал» завершает проектно-поисковые работы по созданию универсальной КП с ЯЭУ «Плазма-2010» с термоэмиссионной энергоустановкой мощностью до 35 кВт, способной в длительном непрерывном режиме (семь и более лет) обеспечивать работу полезной нагрузки и служебных систем космических аппаратов. Уровень проработки вопроса позволяет приступить к проведению полномасштабных опытно-конструкторских

работ, начиная с 2014 года. Универсальность разрабатываемой платформы – в ее модульном принципе построения. «Плазма-2010» состоит из следующих основных модулей: модуля служебных систем; целевой нагрузки и модуля жидкостной ракетной двигательной установки.

Такой принцип компоновки позволяет на единой унифицированной базе размещать полезные нагрузки различного целевого назначения, состав и количество которых будет определяться только уровнем их энергопотребления, размерами и массой.

Достижение сопоставимых с ЯЭУ уровней мощности энергоустановками другого типа (солнечными и аккумуляторными батареями) практически невозможно из-за недопустимых массогабаритных характеристик, исключающих возможность выведения аппарата существующими и перспективными ракетами-носителями. Более того, применение энергоустановок на базе солнечных и аккумуляторных батарей накладывает существенные ограничения на время и режимы работы уже существующих полезных нагрузок, не говоря о перспективных.

В процессе работ по созданию космических комплексов различного целевого назначения сформировалась основная кооперация предприятий-разработчиков и изготовителей продукции.

Большинство разработок ФГУП «КБ «Арсенал» в кооперации реализовано в стенах завода «Арсенал». В настоящее время ФГУП «КБ «Арсенал» и ОАО «МЗ «Арсенал» образуют замкнутый производственный цикл и обладают значительным практическим опытом в области разработки, изготовления, экспериментальной отработки и штатной эксплуатации космических

средств различного целевого назначения.

– Каковы перспективы развития КБ «Арсенал»?

– Помимо основных направлений работ, одной из приоритетных задач КБ «Арсенал» на сегодня является сотрудничество с Фондом перспективных исследований (ФПИ), целью деятельности которого – содействие осуществлению научных исследований и разработок в интересах обороны страны и безопасности государства, связанных с достижением качественно новых результатов в военно-технической, технологической и социально-экономической сферах.

Как было отмечено заместителем Председателя Правительства РФ Дмитрием Рогозиным, запуск работы ФПИ – одна из первоочередных задач. На сегодня Фондом сформирована эффективная система отбора качественно новых, прорывных технологий, связанных с обеспечением обороноспособности и безопасности государства. Каждый проект ФПИ – это задел уже шестого технологического уклада, и для их реализации создаются автономные лаборатории на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, в научных организациях и ведущих вузах страны. Одна из таких лабораторий создана в ФГУП «КБ «Арсенал».

– Что бы вы могли сказать в заключение?

– На протяжении всей своей истории коллектив петербургского КБ «Арсенал» направляет свои силы на повышение обороноспособности страны, совершенствование и создание новых образцов артиллерийской и космической техники. Сегодня здесь продолжают трудиться высококлассные специалисты, что позволяет предприятию с уверенностью смотреть в будущее. ■

ВВЕДЕНИЕ

Трехкорпусные суда, также известные как тримараны, принадлежат к семейству многокорпусных судов. Тримаран включает три корпуса: центральный и два идентичных боковых. Обычно центральный корпус больше боковых.

В прошлом выполнено множество исследований тримаранов. При сравнении тримарана (рис. 1 и 2) с однокорпусными и двухкорпусными (катамаран) судами отмечают следующее:

- у многокорпусных судов по сравнению с однокорпусными равного водоизмещения меньше волновое сопротивление за счет благоприятной волновой интерференции корпусов;
- снижения волнового сопротивления можно достичь посредством оптимального выбора поперечного расстояния между корпусами и продольного расположения боковых корпусов по отношению к центральному;
- выше гидродинамическая эффективность по сравнению с однокорпусными и двухкорпусными судами, что достигается за счет большей удлиненности корпусов, что влечет за собой увеличение скорости и уменьшение мощности энергетической установки;
- заметно более низкое сопротивление при более высоких скоростях по сравнению с однокорпусными судами и катамаранами равного водоизмещения;
- большая площадь палубы, повышенная устойчивость и обитаемость;
- лучше мореходность;
- больше смоченная поверхность, что влечет за собой некоторое увеличение сопротивления трения, особенно при малых скоростях;
- за счет комбинации оптимальной формы корпуса и удлиненности корпусов достигается уменьшение волнового сопротивления;
- выше живучесть, так как наличие боковых корпусов уменьшает вероятность повреждения центрального корпуса при столкновениях;
- больше возможности для расположения энергетической установки.

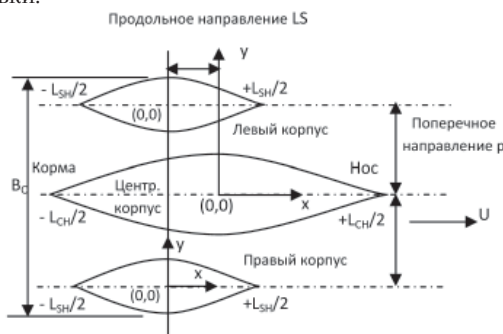


Рис. 1. Конфигурация тримарана (вид в плане)

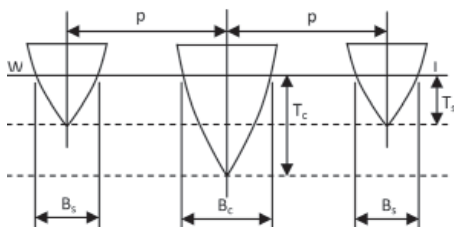


Рис. 2. Конфигурация тримарана (вид спереди)

ИНТЕГРАЛ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

В настоящем исследовании использована в качестве основы интегральная функция волнового сопротивления для катамарана, введенная Таком и Лазаускасом [4] и развитая Фалтинсеном [7] с включением распределения волно-

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРИМАРАНА МЕТОДОМ КОНЕЧНОГО КОРНЯ

М. С. Камил, аспирант СПбГМТУ и Малазийского института морского инжиниринга университета Куала-Лумпура, контакт. тел. +605 690 9091

вой амплитуды для одного корпуса из работы Ньюмена [3]. Это достаточно общая формулировка учитывает влияние поперечной и продольной геометрии судна посредством соответствующих факторов интерференции корпусов $HIF_T(\theta)$ and $HIF_L(\theta)$ respectively.

Соответствующая комбинированная система волн описывается выражением

$$\zeta_j(x, y) = \text{Re} \int A_j(\theta) \exp[(ig/U^2 \cos^2 \theta)(x_{j0} \cos \theta + y_{j0} \sin \theta)] \exp[-i(g/U^2 \cos^2 \theta)(x \cos \theta + y \sin \theta)] d\theta \quad (1)$$

$-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2, j = 1, \dots, n$

$$A(\theta) = \sum A_j(\theta) \exp[-i(g/U^2 \cos^2 \theta)(x_j \cos \theta + y_j \sin \theta)], \quad (2)$$

$j = 1, \dots, n$

Для тримарана $n = 3$.

Выделяя действительную часть этого выражения, можно записать интегральную функцию волнового сопротивления в следующем виде:

$$R_w = (\pi \rho U^2 / 2) \int |A(\theta)|_{dh}^2 HIF_T(\theta)_j HIF_L(\theta)_j \cos^3 \theta d\theta; \quad (3)$$

$-\pi/2 \leq \theta \leq \pi/2;$

$$HIF_L(\theta) = \cos^2(gx/U^2 \cos \theta); \quad (4)$$

$$HIF_T(\theta) = \cos^2[0,5(2p/L) \sin \theta / (Fn^2 \cos^2 \theta)]. \quad (5)$$

Поскольку относительное продольное положение центрального и боковых корпусов фиксировано, то x в выражении для $HIF_L(\theta)$ заменяется на LS , т. е. на продольное расстояние между началом координат для центрального и боковых корпусов. Когда начало координат в продольном направлении для всех корпусов $LS = 0$ и, соответственно, $HIF_L(\theta) = 1$.

МОДИФИКАЦИЯ ИСХОДНОЙ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Верхний предел $\pi/2$, используемый Таком–Лазаускасом в интеграле волнового сопротивления многокорпусных судов в данной работе заменяется на максимальный угол распространения волн θ_{pmax} . Гипотетически такой максимальный угол распространения волн, представляющих собой суперпозицию сложных расходящихся и поперечных волновых систем, существует. Можно показать, что значение θ_{pmax} равно конечному корню интегральной функции волнового сопротивления и определяется путем итераций на основе некоторого начального приближения. При этом итеративный процесс нахождения θ_{pmax} выполняется в диапазоне углов θ , близких к $\pi/2$. Применение предложенного подхода приводит к точному решению, ранее успешно примененному в аналогичных исследованиях для однокорпусных и многокорпусных судов [6]. С учетом вышесказанного модифицированное выражение R_w для тримарана принимает вид

$$R_w = 2 (\pi \rho U^2 / 2) \int |A(\theta)|_{CB}^2 HIF_T(\theta) HIF_L(\theta) \sec^3 \theta d\theta; \quad (6)$$

$0 \leq \theta \leq \theta_{\text{pmax}}$

МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЙ

Для интегрирования по продольной координате в интеграле корпуса 1 разбиваются на равные интервалы вдоль диаметральной плоскости судна (шпангоутные сечения), а также в вертикальном направлении (плоскости ватерлиний). В относительном выражении продольная и вертикальная разбивка корпусов при интегрировании принимается одинаковой.

Угловая разбивка выполняется с шагом 1 град. в диапазоне углов от 0 до 88 град., а в окрестности конечного корня θ_{pmax} – с более мелким шагом.

Первоначально интегралы для боковых корпусов 1 и центрального корпуса вычисляются в отдельных подпрограммах, в дальнейшем используются для окончательного вычисления волнового сопротивления R_w . Кроме фактора поперечной интерференции корпусов $HIF_T(\theta)$, введенного ранее для катамарана, для тримарана вводится и рассчитывается фактор продольной интерференции корпусов $HIF_L(\theta)$. Главные размеры центрального и боковых корпусов тримарана для пяти рассмотренных расчетных случаев приводятся ниже.

Таблица 1

Главные размеры корпусов тримарана

Характеристика	Корпус Виглея		
	1	2	3
Длина по ватерлинии L_{wl} , м	1,8	2,5	1,292
Осадка T , м	0,1125	0,1547	0,0762
Ширина по ватерлинии B_{wl} , м	0,18	0,125	0,12192
Водоизмещение Δ , т	0,0162	0,0309	0,005034
Площадь смоченной поверхности S при осадке T , м ²	0,482	0,921	0,2221

Примечание: Корпус 4 Виглея по размерениям в два раза больше, чем корпус 3 Виглея.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО И ТЕОРЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ИХ АПРОБАЦИЯ

Модельные эксперименты с различными параметрами испытаний для случаев 1–4 проводились в опытовом бассейне Центра морских технологий университета Куала-Лумпура, Малайзия. При этом соблюдались стандартные процедуры подготовки и эксперимента и обработки его результатов. Экспериментальный анализ проводился в соответствии с процедурами и рекомендациями ИТТС 1957 и с учетом метода форм-фактора.

Случай 1: корпуса 1 и 2 Виглея, сравнение эксперимента с теорией (МКК), $2p/L = 0,216$, $LS = 0$ м;

Случай 2: корпуса 1 и 2 Виглея, сравнение эксперимента с теорией (МКК), $2p/L = 0,288$, $LS = 0$ м;

Случай 3: корпуса 1 и 2 Виглея, сравнение эксперимента с теорией (МКК), $2p/L = 0,216$, $LS = 0,35$ м в корму;

Случай 4: корпуса 1 и 2 Виглея, сравнение эксперимента с теорией (МКК), $2p/L = 0,288$, $LS = 0,35$ м в корму;

Случай 5: корпуса 3 и 4 Виглея, сравнение эксперимента с теорией (МКК), $2p/L = 0,4$, $LS = 0,61$ м в корму.

Таблица 2

Экспериментальные значения C_w

F_n	Экспериментальные значения $C_w \times 10^3$ (случаи 1–4)			
	$2p/L = 0,216$ $LS = 0$ м	$2p/L = 0,288$ $LS = 0$ м	$2p/L = 0,216$ $LS = -0,35$ м	$2p/L = 0,288$ $LS = -0,35$ м
0,255	0,253	0,604	0,432	0,214
0,339	1,433	2,189	1,439	1,044
0,424	6,187	5,778	4,914	4,333
0,509	5,106	4,533	4,528	3,740
0,594	3,623	3,254	3,023	2,501

Таблица 3

Теоретические значения C_w

F_n	Теоретические значения $C_w \times 10^3$ (случаи 1–4)			
	$2p/L = 0,216$ $LS = 0$ м	$2p/L = 0,288$ $LS = 0$ м	$2p/L = 0,216$ $LS = -0,35$ м	$2p/L = 0,288$ $LS = -0,35$ м
0,255	0,2449	0,5847	0,4190	0,2074
0,339	1,3875	2,1197	1,3938	1,0117
0,424	5,9919	5,5963	4,7601	4,1975
0,509	4,9462	4,3918	4,3855	3,6235
0,594	3,5092	3,1520	2,9283	2,4228

ДИСКУССИЯ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что относительное различие теоретических и экспериментальных данных для расчетных слу-

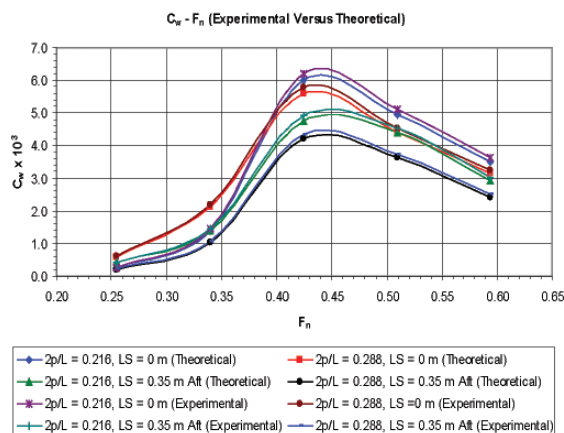


Рис. 3. Сравнение экспериментальных и теоретических значений C_w

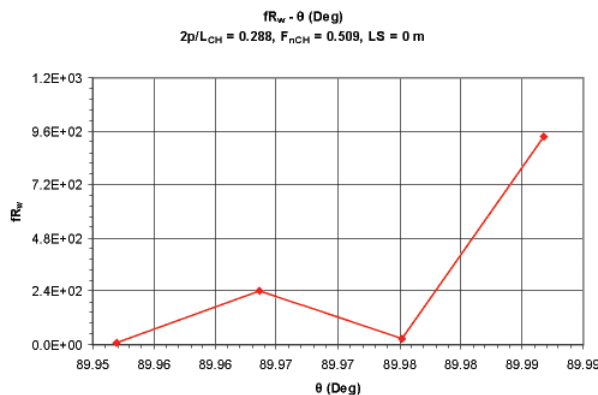


Рис. 4. Характерные функции формы fR_w ($2p/L_{CH} = 0,288$, $F_{nCH} = 0,509$, $LS = 0$ м)

Таблица 4

Теоретические значения C_w (случай 5)

F_{nSH}	Теоретические значения $C_w \times 10^3$			
	Final Root	LWT	MEM	MES
0,255	0,350	0,362	0,341	0,341
0,272	0,627	0,647	0,623	0,623
0,285	1,252	1,291	1,226	1,213
0,300	2,287	2,360	2,260	2,246
0,317	3,405	3,482	3,370	3,354
0,325	3,745	3,828	3,710	3,693
0,330	3,775	3,894	3,808	3,790
0,345	3,390	3,500	3,310	3,273
0,362	2,926	3,020	2,895	2,853
0,376	2,810	2,899	2,865	2,842
0,396	3,503	3,614	3,489	3,489
0,407	4,850	5,002	4,607	4,476
0,420	6,387	6,616	6,168	6,112

чаев 1–5 лежит в пределах 3%. Использование формул Така-Лазаускаса в сочетании с амплитудной функцией Ньюмена оказалось весьма эффективной для оценки волнового сопротивления тримаранов, хотя выполнение итеративной процедуры нахождения верхнего предела интегрирования требует значительных усилий.

Метод конечного корня приводит к результатам, хорошо согласующимся не только с экспериментом по непосредственному определению силы сопротивления, но и с результатом обработки экспериментов по измерению профиля волн в следе за судном методом Ландвебера интегрального преобразования Фурье (LWT), методом матричных элементов (MEM) и методом эквивалентных особенностей. Работа показывает, что концепция линейной теории тонкого судна Митчелла все еще актуальна и может быть настоятельно ре-

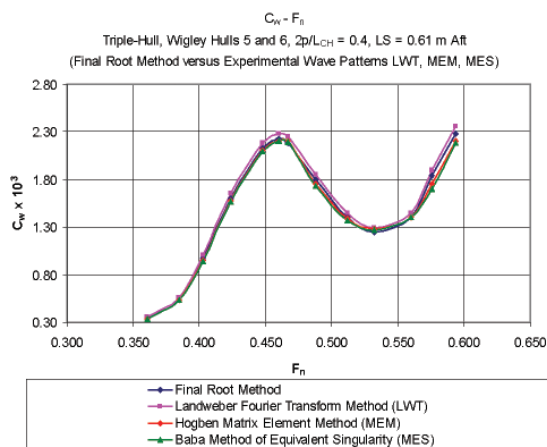


Рис. 5. Графики теоретических значений C_w (случай 5)

комендована к применению для прогнозирования волнового сопротивления судов в сочетании с методом конечного корня и подходящей функцией волновых амплитуд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Michell J. H. The Wave Resistance of a Ship // Philosophical Magazine. – 1898. – Vol. 45. – Ser. 5. – P. 6–123.
2. Wigley W. C. S. Calculated and Measured Wave Resistances for a Series

- of Forms Defined Algebraically, the Prismatic Coefficient and Angle of Entrance Being Varied Independently // Trans. INA. – 1942. – Vol. 84.
3. Newman J. N. Marine Hydrodynamics. – The MIT Press. 1977. – P. 260–284.
4. Tuck E. O., Lazauskas L. Optimum Hull Spacing of a Family of Multi-hulls. – Applied Mathematics Department, University of Adelaide, Australia, June 1998.
5. The Experimental Determination of Wave Spectra and Wave Resistance from Measurements of the Wave Pattern Behind a Ship Model / Nastia Degiuli, Andreja Werner, Zdravko Doliner. – XVII IMEKO World Congress Metrology in the 3rd Millennium, June 22–27, Croatia, 2003.
6. Камил М. С. Применение метода конечного корня в линейной теории волнового сопротивления многокорпусных судов. – Ч. I: Однокорпусные суда. Ч. 2: Двухкорпусные суда // Морские интеллектуальные технологии. – 2014. – №3(25), 8 с.
7. Faltinsen Odd M. Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles. – Norwegian University of Science and Technology, Cambridge University Press, 2005, p 120–122.
8. Kamil M. S., Abdul Ghani M. P., Abdul Malik A. M., Rozhdestvenskiy K. V. Revitalizing the Theoretical Approach of Predicting Ship Wave Resistance. – Marine Science and Technology Conference, 2011 (MARSTEC2011), Kuala Lumpur, 12–13 September 2011.
9. Kamil M. S., Abdul Ghani M. P., Abdul Malik A. M., Rozhdestvenskiy K. V. A Definite Integral Solution of Ship Wave Resistance For Twin-Hull Ships. – World Maritime Technology Conference 2012 (WMTC 2012), Saint Petersburg, Russia 29 May – 1 June 2012.
10. Hongxuang Peng. Numerical Computation of Multi-Hull Ship Resistance and Motion: PhD Thesis. – Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, June 2001. ■

Проблема создания интеллектуальных роботов посвящено достаточно большое число исследований, проводимых как у нас в стране, так и за рубежом, начиная с середины 60-х гг. прошлого века. Основными областями применения интеллектуальных роботов могут быть распознавание объектов и сцен, формирование моделей окружающей среды, планирование маршрутов движения и последовательности действий для достижения поставленной цели, управление динамикой движения объектов и др. [4].

Использование одиночных роботов не позволяет решать сложные задачи при функционировании их в экстремальных ситуациях. Преимущества использования группы роботов очевидны. Это и большой радиус действий, достигаемый за счет рассредоточения роботов по всей рабочей зоне, расширенный набор выполняемых функций, и наконец, более высокая вероятность выполнения задания, достигаемая за счет возможности перераспределения целей между роботами группы в случае выхода из строя некоторых из них.

В последние годы проблеме группового взаимодействия роботов уделяется большое внимание. Однако в решении данной проблемы, особенно в случае функционирования роботов в заранее неизвестной среде, отсутствуют общие подходы и методики. Ключевым вопросом в проблеме создания систем группового взаимодействия роботов является разработка таких алгоритмов и программ функционирования их в динамически изменяющейся среде, которые обеспечивали бы экстремальное значение целевого функционала в достижении заданной цели.

АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУППОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОБОТОВ

В. В. Сахаров, *д-р техн. наук, проф.*,

А. А. Чертков, *канд. техн. наук, доцент*,

ФГБОУ ВПО «ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова»,

Д. С. Тормашев, *канд. техн. наук, ст. преподаватель*

ФГБОУ ВПО «ГУМФ им. адм. Ф. Ф. Ушакова»,

контакт. тел. +7 (921) 779 7012, +7(911) 960 2397

Не обошли вниманием данную проблему и авторы статьи, предлагая алгоритм и конкретную программу планирования групповых действий роботов, оснащенных бортовыми вычислительными устройствами, для функционирования в реальном времени.

В общем виде задачу распределения целей между роботами можно сформулировать следующим образом.

Пусть существует «коллектив», состоящий из n роботов $R_j (j = 1, n)$, причем состояние каждого робота R_j описывается вектор-функцией

$$S_j = \langle s_{1j}, s_{2j}, \dots, s_{vj} \rangle. \quad (1)$$

Предположим, что существует некоторое w -мерное пространство целей $X_i \in \{X\}$, точками которого являются векторы

$$X_i = \langle x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{wi} \rangle, \quad (2)$$

определяющие различные целевые «положения» роботов «коллектива».

Задача состоит в получении такого распределения роботов $R_j (j = 1, n)$ по точкам пространства $\{X\}$ (т.е. в установлении соответствий $R_j \rightarrow X_i$), при котором достигается экстремум функционала

$$Y = F(S_1, S_2, \dots, S_n, X_1, X_2, \dots, X_n, E), \quad (3)$$

где $X_i \in \{X\}$ – цель робота $R_j (j = 1, n)$; E – вектор-функция параметров состояния окружающей среды. Если под точками пространства целей $\{X\}$ понимаются, например, координаты точек расположения целей, то формулируют, соответственно, задачу нанесения максимального ущерба противнику или задачу покрытия максимальной площади поражения. Если же под точками пространства целей $\{X\}$ имеют в виду различные подмножества запросов на обслуживание или различные подмножества задач из некоторого потока, то приходят, соответственно, к задаче распределения запросов между роботами-лифтами или распределения потока задач в компьютерной сети [1].

Наглядным примером сформулированной задачи распределения целей может служить первая модельная задача, в которой под состояниями роботов и целей понимаются их координаты, а под эффектом – ущерб, наносимый противнику. Поэтому рассмотрим ее подробнее, приняв условия (1) и (2) для того же коллектива из n роботов $R_j (j = \overline{1, n})$.

Предположим также, что «эффект» от достижения роботом R_j цели $X_i \in \{X\}$ определяется значением некоторой оценки эффективности

$$d_{ji} = F(S_j, X_i, K_i), \quad (4)$$

где K_i – приоритет цели X_i .

Кроме того, введем ограничение, заключающееся в том, что число роботов коллектива m , одновременно направляемых на одну и ту же цель X_i , не должно превышать некоторой величины n_i^{\max} , т.е.

$$n_i \leq n_i^{\max} \quad (i = 1, m). \quad (5)$$

Тогда задача распределения целей в коллективе роботов состоит в следующем: необходимо таким образом распределить (назначить) роботы $R_j (j = 1, n)$ по целям $X_i (i = 1, m)$, чтобы получить с учетом ограничений (5) максимальный суммарный эффект

$$Y = \sum_{j=1}^n d_{ji}, \quad (6)$$

где ij – номер цели X_i , выбранной роботом R_j с учетом ограничения (5).

С введением ограничения (5) на число роботов, направляемых на одну цель, исходная задача целераспределения (1) ÷ (3) обретает существенную сложность. Так, величина n_i^{\max} , ограничивающая число роботов коллектива, одновременно направляемых на одну и ту же цель из множества целей $\{X\}$, важна с точки зрения стратегии поведения коллектива. Действительно, если, например, необходимо достичь (уничтожить) как можно больше целей из множества $\{X\}$, то величину n_i^{\max} необходимо задать как можно меньше (например, $n_i^{\max} = 1$). В результате роботы будут стараться «рассредоточиться» по целям. Если же для некоторых целей установить величину n_i^{\max} больше, чем для других, то это будет давать роботам коллектива возможность сосредоточить «большее внимание» на этих целях. Иными словами, величины $n_i^{\max} (i = 1, m)$ следует выбирать, исходя из требуемой стратегии поведения коллектива, например, в зависимости от приоритета целей или от отношения числа роботов и целей.

В данной постановке задача целераспределения (1) ÷ (6) может быть решена с применением метода коллективного планирования действий [1–3], согласно которому проблема разделяется на две основные части:

во-первых, необходимо разработать алгоритм выбора очередной цели j -м роботом коллектива в k -м итерационном цикле оптимизации коллективного решения;

во-вторых надо разработать алгоритмы информационных обменов (взаимодействий) между роботами коллектива в процессе реализации очередного итерационного цикла.

Рассмотрим алгоритмы более подробно.

1. Алгоритм выбора цели отдельным роботом группы. Основная идея метода

коллективного планирования действий состоит в том, что в каждом итерационном цикле оптимизации коллективного решения каждый робот $R_j (j = 1, n)$ выбирает такое свое допустимое текущее действие, которое вносит максимально возможный вклад в достижение общей (коллективной) цели.

Для сформулированной выше задачи распределения целей между роботами коллектива общая (коллективная) цель – это достижение максимума суммарного эффекта (6). Поэтому в очередном цикле оптимизации коллективного решения робот R_j должен выбирать такую цель, которая дает максимальное приращение суммарного эффекта

$$\Delta Y_j = Y_j^{k+1} - Y_j^k,$$

где Y_j^{k+1} – значение суммарного эффекта, полученного в $(k+1)$ -м ($k=0, 1, 2, \dots$) итерационном цикле в результате выбора роботом R_j новой цели $X_{i_j}^{k+1}$; Y_j^k – значение суммарного эффекта, полученное в k -м цикле итерации в результате выбора новой цели $X_{i_{j-1}}^k$ роботом R_{j-1} .

С учетом (6), последнее выражение можно переписать в следующем виде:

$$\Delta Y_j^{k+1} = \left(\sum_{i=1}^j d_{ji}^{k+1} + \sum_{i=j+1}^n d_{ji}^k \right) - \left(\sum_{i=1}^{j-1} d_{ji}^{k+1} + \sum_{i=j}^n d_{ji}^k \right) = d_{ji}^{k+1} - d_{ji}^k,$$

где d_{ji}^k – значение оценки эффективности выбора роботом R_j цели $X_{i_j}^k$ в k -м цикле итерации; d_{ji}^{k+1} – значение оценки эффективности выбора роботом R_j новой цели на $(k+1)$ -м цикле итерации.

Таким образом, в каждом итерационном цикле оптимизации коллективного решения робот $R_j (j = 1, n)$ должен выбирать цель X_{i_j} , для которой величина оценки эффективности в наибольшей степени превышает величину оценки эффективности цели, выбранной им в предыдущем цикле. Если значения оценок $d_{ji} (j = 1, n, i = 1, m)$ известны заранее и не меняются в процессе выполнения итерационной процедуры оптимизации коллективного решения, то задача существенно упрощается. В этом случае для достижения максимального приращения суммарного эффекта в очередном итерационном цикле оптимизации коллективного решения робот R_j , очевидно, должен выбрать ту цель X_i из множества $\{X\}$, для которой значение оценки эффективности d_{ji} максимально. При этом необходимо учитывать и ограничения, накладываемые на число роботов, направленных на одну и ту же цель. Если, например, робот R_j выбирает цель X_i и при этом общее число роботов, выбравших ту же цель, становится равным n_i^{\max} , то остальные роботы коллектива уже не будут иметь возможности выбрать в качестве своей цели данную цель X_i . В то же время, может оказаться, что выбор цели X_i некоторым другим ро-

ботом $R_i (i \neq j)$ обеспечивает больший эффект [т.е. вносит большее приращение в функционал (6)] по сравнению с роботом R_j . Поэтому в процессе выбора роботами целей необходимо каким-то образом осуществлять сравнение эффектов, вносимых различными роботами коллектива в результате выбора той или иной цели.

Для этого вводится в рассмотрение некоторая матрица D , содержащая n строк и m столбцов, где n – число роботов в коллективе, а m – число целей в множестве $\{X\}$. Примем, что индексы $j = 1, n$, будут соответствовать номерам строк матрицы D , а индексы $i = 1, m$ – номерам столбцов матрицы D . Будем считать, что элементы матрицы D , стоящие на пересечении j -й строки и i -го столбца, определяются выражением (4), т.е. равны эффекту d_{ji} , получаемому в результате выбора роботом R_j цели X_i .

В дальнейшем матрицу $D = [d_{ji}] (j = 1, n, i = 1, m)$ будем называть матрицей эффективности. С использованием матрицы эффективности D процедуру выбора цели роботом R_j в очередном итерационном цикле оптимизации коллективного решения можно организовать следующим образом.

Предположим, что каждый робот коллектива обладает полной информацией обо всех элементах матрицы эффективности D . Тогда при выборе цели роботом R_j в очередном итерационном цикле оптимизации коллективного решения сначала в строке матрицы D , соответствующей его номеру j , осуществляется поиск максимального элемента d_{ji} . Минимальное значение индекса i этого максимального элемента соответствует номеру цели с наименьшим номером, выбор которой роботом R_j вносит не меньший вклад в суммарный эффект (6), чем выбор других целей.

В то же время, как отмечено выше, подобный выбор i -й цели j -м роботом может оказаться весьма далеким от оптимального с точки зрения достижения максимума суммарного эффекта Y . Поэтому полученное значение i фиксируется, и выполняется проверка, является ли выбранное значение d_{ji} максимальным в i -м столбце. То есть проверяется, имеются ли в коллективе роботы, для которых величина эффекта от достижения данной цели будет больше, т.е. имеются ли более эффективные «претенденты» на i -ю цель. Если таковых нет, то цель с номером i «закрепляется» за j -м роботом, если его номер минимален из всех роботов, имеющих тот же эффект. В противном случае робот R_j «отказывается» от выбора цели в текущем итерационном цикле.

Если j -й робот в текущем итерационном цикле выбрал некоторую цель, то этот выбор считается окончательным до завершения итерационной процедуры. Робот, выбравший цель, передает ее и свой номер другим роботам коллектива. Те, в свою

очередь, должны исключить робот R_j из списка «претендентов» на оставшиеся цели. Наиболее просто это осуществляется путем присвоения всеми роботами, продолжающими участвовать в процедуре распределения целей, элементам d_{ji} j -й строки матрицы D нулевых значений. Таким образом, после каждого итерационного цикла список «участников» целераспределения сокращается.

После каждого выбора некоторой цели каким-либо роботом наращиваются счетчики роботов, выбравших эту цель, и, если, например, i -я цель выбрана $n_i = n_i^{\max}$ роботами, то эту цель необходимо также исключить из списка распределяемых целей до конца итерационной процедуры. Это осуществляется путем присвоения элементам d_{ji} i -го столбца матрицы D нулевых значений всеми роботами, продолжающими участвовать в процедуре распределения целей.

Если в процессе целераспределения оказывается, что $n_i = n_i^{\max}$, то i -ю цель будем называть *обеспеченной*; если $n_i < n_i^{\max}$, то i -я цель считается *необеспеченной*.

Процедура распределения целей продолжается до тех пор, пока матрица D всех роботов не «обнулится». Если $n < \sum_{i=1}^m n_i^{\max}$ (т.е., число роботов меньше, чем необходимо для решения целевой задачи), то все роботы «выберут» цели, а часть целей останется необеспеченной. Если же $n > \sum_{i=1}^m n_i^{\max}$, то все цели будут распределены и обеспечены, но для части роботов цели не будут определены.

2. Алгоритм информационных взаимодействий в «коллективе» роботов. Для реализации вышеизложенного алгоритма выбора цели каждый робот коллектива должен располагать информацией о том, какие цели уже выбраны другими роботами коллектива. На основе этой информации робот R_j должен осуществлять модификацию имеющихся у него массивов L и N , а также матрицы D для того, чтобы исключить роботы, уже сделавшие свой выбор, из процесса целераспределения. Для этого, в случае выбора роботом R_r некоторой цели X_i он должен передать всем роботам коллектива сообщение вида $\langle r, S_r^0, l_r \rangle$, т.е. свой номер r , текущее состояние S_r^0 и номер выбранной им цели l_r . Получив данное сообщение, остальные роботы коллектива модифицируют свои массивы N и L . При этом g -му элементу своих массивов $L = [l_j, j = \overline{1, n}]$ они присваивают значение l_r .

Для формирования массива счетчиков выбранных целей N каждым роботом достаточно просмотреть массив L и выполнить несложную процедуру подсчета его ненулевых элементов, так как в исходном состоянии всем элементам массива L присваиваются нулевые значения, а в процессе выполнения итерационной

процедуры эти массивы модифицируются в каждом цикле.

Исключение роботов, выбравших цели, из списка «участников» процедуры целераспределения, заключается в обнулении элементов строк матрицы D , соответствующих этим роботам. Эта процедура также может быть выполнена каждым роботом с использованием текущего массива L . Аналогично путем модификации матрицы D с использованием текущего массива N осуществляется исключение обеспеченных целей из процедуры целераспределения. В результате выполнения алгоритма всем элементам строк матрицы D , номера которых соответствуют номерам роботов, выбравшим на данный момент времени цель, а также всем элементам столбцов матрицы D , номера которых соответствуют обеспеченным на данный момент целям, будут присвоены минимальные (нулевые) значения оценок эффективности. Тем самым роботы, выбравшие цели, и обеспеченные цели будут исключены из дальнейшего процесса распределения целей между оставшимися роботами коллектива.

С учетом рассмотренных алгоритмов, итерационная процедура оптимизации коллективного решения может быть организована следующим образом.

Получив команду на выбор цели, а также список целей $\{X\}$ и массив N^{\max} , каждый элемент которого равен числу роботов, необходимых для обеспечения цели X_r , каждый робот R_r ($r = \overline{1, n}$) выполняет следующие действия:

- устанавливает в исходное состояние массив L номеров целей, выбранных роботами коллектива ($l_j = 0, j = \overline{1, n}$);

- передает на все другие роботы коллектива информацию о своем текущем состоянии S_r^0 и выбранной цели l_r , если таковая есть (сообщение вида $\langle r, S_r^0, l_r \rangle$);

- принимает информацию от других роботов об их текущих состояниях и выбранных ими целях (сообщения вида $\langle j, S_j^0, l_j \rangle, j = \overline{1, n}, j \neq r$), в результате чего последовательно формирует массив состояний роботов коллектива $\{R\}$ и формирует массивы номеров целей L и счетчиков целей N , выбранных роботами с помощью алгоритма (2);

- на основании полученной информации формирует свою матрицу эффективности D с помощью выражения (4) или модифицирует ее путем исключения обеспеченных целей из процедуры целераспределения. Затем осуществляется согласование данных, при котором обеспечивается равенство результирующих матриц D всех роботов.

Далее реализуется процедура распределения целей, состоящая из некоторого числа итерационных циклов принятия решений, в каждом из которых роботы R_j ($j = \overline{1, n}$) коллектива последовательно делают выбор цели, в со-

ответствии с алгоритмом (1), согласно которому, каждый робот R_j коллектива выбирает цель $X_i \in \{X\}$, свободную в данный момент времени. Выбранная цель закрепляется за роботом R_j . Номер цели вместе с информацией о текущем состоянии передается роботом R_j всем остальным роботам коллектива. Данная процедура выбора цели последовательно выполняется $(j+1)$ -м роботом и т.д., до окончания цикла принятия решения ($j=n$). Затем на основании сформированных массивов L роботы коллектива модифицируют свои массивы счетчиков целей N и матрицы D , как описано выше.

Затем реализуется следующий цикл решения задачи целераспределения (оптимизации коллективного решения). Итерационный процесс завершается по достижении цели, определенной алгоритмами.

В результате выполнения решений в массиве L каждого робота R_j ($j = \overline{1, n}$) записаны номера тех целей, которые выбраны (при условии $l_j > 0$) роботами данного коллектива. Если некоторый элемент $l_j = 0$, то, робот R_j не будет иметь цели. Когда функционал (6) достигнет экстремального (максимального) значения, полученное распределение целей между роботами коллектива будет оптимальным.

Далее роботы коллектива переходят к реализации сделанного выбора (полученного решения).

Для демонстрации практической реализации рассмотренного алгоритма разработана программа, составленная в кодах MatLAB, позволяющая получить решение, соответствующее оптимальному распределению целей в коллективе роботов. Ниже приводятся пример с подробным решением и фрагмент программы для одного итерационного цикла процедуры оптимизации целераспределения.

Пример. Пусть имеется коллектив из 10 роботов и определены пять целей, т.е. $n = 10, m = 5$. Матрица оценок эффективности D_0 и массив N^{\max} имеют следующий вид:

$$D_0 = \begin{bmatrix} 2,0 & 0,8 & 2,5 & 1,0 & 1,2 \\ 1,2 & 2,3 & 2,8 & 1,6 & 0,8 \\ 3,0 & 1,3 & 0,7 & 3,0 & 2,0 \\ 2,5 & 2,8 & 1,4 & 1,4 & 2,0 \\ 1,6 & 3,5 & 1,7 & 4,0 & 3,0 \\ 2,3 & 2,7 & 1,7 & 4,2 & 4,5 \\ 2,7 & 1,4 & 1,8 & 2,7 & 2,4 \\ 1,4 & 1,5 & 1,7 & 1,9 & 2,0 \\ 1,7 & 1,8 & 2,0 & 2,4 & 1,8 \\ 2,4 & 2,0 & 2,4 & 2,4 & 1,8 \end{bmatrix}$$

$$N^{\max} = [2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 3].$$

Необходимо распределить заданные цели между роботами так, чтобы функционал (6) имел максимальное значение.

Решение. В соответствии с изложенным выше алгоритмом образуем вспомогательные (в начале процедуры – нулевые) массивы:

$$N = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

и $L = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$,
число элементов которых равно числу

целей и числу роботов, соответственно, а также переменную матрицу D , которая в начале процесса равна D_0 , т. е. $D = D_0$.

В рассматриваемом случае $\sum n_i^{\max} = 8$, т. е. меньше числа роботов в коллективе. Следовательно, по окончании работы алгоритма все цели должны быть обеспечены.

В первом же цикле реализации алгоритма второй робот выбирает третью, третий и седьмой роботы – первую, а шестой – пятую цели. Остальные роботы «отказываются» от выбора, так как в этом цикле для других роботов выбор соответствующих целей более эффективен.

В конце первого цикла происходит обмен информацией между роботами коллектива и формирование массива L , модификация массива N и матрицы D в соответствии с предложенными выше алгоритмами. В результате они принимают вид

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 0 & 0 & 5 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$N = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$D_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0,8 & 0 & 1,0 & 1,2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,8 & 0 & 1,4 & 2,0 \\ 0 & 3,5 & 0 & 4,0 & 3,0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 0 & 1,9 & 2,0 \\ 0 & 1,8 & 0 & 2,4 & 1,8 \\ 0 & 2,0 & 0 & 2,4 & 1,8 \end{bmatrix}.$$

Так как часть роботов сделала свой выбор, соответствующие им строки в матрице D обнулены.

Значения элементов массива L соответствуют номерам выбранных целей, а номера его элементов – номерам выбравших эти цели роботов. Два элемента этого массива l_3 и l_7 имеют значения, равные единице, т. е. два робота (третий и седьмой) выбрали первую цель, а еще два элемента l_2 и l_6 имеют значения 3 и 5 соответственно. Остальные элементы равны нулю, т. е. соответствующие им роботы не сделали выбор. Поэтому первый элемент массива N равен двум, третий и пятый – единице, остальные – нулю. Так как $n_1 = 2 = n_1^{\max}$ и $n_3 = 1 = n_3^{\max}$, то эти цели считаются обеспеченными, т. е. их выбрало необходимое количество роботов. Поэтому столбцы матрицы D , соответствующие этим целям, также обнуляются.

Оставшиеся роботы в следующем итерационном цикле распределяют между собой не использованные цели. В процессе выполнения этого цикла пятый и восьмой роботы выбирают четвертую и пятую цели, а первый, четвертый, девятый и десятый – снова отказываются от выбора. В результате выполнения второго цикла массивы L , N и матрица D принимают вид:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 0 & 4 & 5 & 1 & 5 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$N = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0,8 & 0 & 0 & 1,2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2,8 & 0 & 0 & 2,0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,8 & 0 & 0 & 1,8 \\ 0 & 2,0 & 0 & 0 & 1,8 \end{bmatrix}$$

На следующей – третьей итерации только четыре робота (первый, четвертый, девятый и десятый) распределяют между собой две цели (вторую и пятую). При этом первый робот отказывается от выбора, четвертый робот выбирает вторую цель, а девятый – пятую. Десятый робот также не выбирает цель, хотя он и имеет одинаковые с девятым роботом оценки эффективности выбора пятой цели, поскольку его номер больше. По окончании этого цикла массивы L и N принимают вид

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 2 & 4 & 5 & 1 & 5 & 5 & 0 \end{bmatrix},$$

$$N = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix},$$

а матрица D оказывается нулевой.

Сравнивая массивы N и N^{\max} , видим, что они равны. Это означает, что все цели выбраны необходимым количеством роботов, и поставленная задача решена.

Результирующий массив L отражает оптимальное решение задачи распределения целей между роботами данного коллектива. Первый и десятый роботы не выбрали цели, так как роботов оказалось больше, чем необходимо для обеспечения целей. Кроме того, эффективность выбора этими роботами целей ниже в сравнении с выбором, произведенным другими роботами. Можно показать, что суммарный эффект от решения задачи целераспределения, определяемый значением функционала (6), равным $Y = 22,6$, является локальным максимумом. Например, если 4-я цель будет выбрана не пятым роботом, а первым или 10-м, то в первом случае $Y = 22,6 - 4 + 1 = 19,6$, а во втором случае $Y = 22,6 - 4 + 2,4 = 21$.

В приведенном примере число циклов итерационной процедуры оптимизации коллективного решения при реализации группового алгоритма распределения целей, число которых меньше числа роботов. На первой итерации цели выбраны четырьмя роботами, на второй и третьей – двумя роботами, соответственно.

Фрагмент программы, отображающей первый цикл итерационной процедуры, представлен файлом «cherob1.m»

```
%Файл «cherob1.m»
%Задача оптимального распределения целей между роботами
%Заданы:
n=10;%число роботов в коллективе
m=5;%число целей в пространстве (множестве){X}
%Начальные значения элементов (оценок dij) матрицы эффективности D0
D = [2,0,0,8,2,5,1,0,1,2;
     1,2,2,3,2,8,1,6,0,8;
```

```
3,0,1,3,0,7,3,0,2,0;
2,5,2,8,1,4,1,4,2,0;
1,6,3,5,1,7,4,0,3,0;
2,3,2,7,1,7,4,2,4,5;
2,7,1,4,1,8,2,7,2,4;
1,4,1,5,1,7,1,9,2,0;
1,7,1,8,2,0,2,4,1,8;
2,4,2,0,2,4,2,4,1,8];
%Вектор Nmax, каждый элемент которого
ni (i= [1, m] – номер цели)
%соответствует максимальному числу роботов,
необходимых для
%достижения данной цели
Nmax= [2 1 1 1 3];
%Введем вспомогательные нулевые массивы (векторы)
N= [0 0 0 0 0];%счетчиков целей, выбранных
роботами
L= [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];%номеров целей,
выбранных роботами
%Расчет оптимального распределения роботов по
целям
%Первый цикл итерации (подсчет начинается с
робота 1, т. е. j=1)
[n, m]=size (D);
y=0;
for j=1: n
Dj=D (j,:);%выбор цели j-роботом
[d, k]=max (Dj);% поиск kth min номера
цели, для которой dmax
y (j)=d;
x (j)=k;
end
Y = y;%вектор максимальных оценок,
полученным каждым роботом
X = x;%массив номеров целей, выбранных
роботами
S = 0;
p = 1
while p<=m
for j = 1: n
if X (j) == p
S = S+1;
i = j
end
end
N (p) = S;
S = 0;
p = p+1
end
Ni=N%распределение роботов
по номерам выбранных ими целей
```

Фрагмент программы завершается вычислением массива распределения роботов по номерам выбранных ими целей, представленных в виде элементов вектора N .

Таким образом, на основе представленного вычислительного алгоритма и программы в кодах MatLAB, возможно оперативно осуществлять выбор такого распределения целей, при котором достигается наибольшая эффективность групповых действий роботов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами. – СПб.: Изд. СПбГПУ, 2001.
2. Каляев И. А., Гайдук А. Р., Капустин С. Г. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов. – М.: Янус-К, 2002.
3. Каляев И.А. Использование принципов коллективного принятия решений при управлении группой автоматических лифтов // Мехатроника. – 2001. – № 4
4. Thomas R. Kurfess (Ed.). Robotics and Automation Handbook. – CRC Press LLC, 2005. – 579 p. ■

Особенности бухгалтерского учета в судостроительной промышленности обусловлены главными отличиями данной отрасли: длительным процессом производства; большой стоимостью готовой продукции; наличием выхода к водным ресурсам у производственной площадки; значительным объемом внешней кооперации.

Так, стоимость вертолетоносца типа «Мистраль» составила 600 млн. евро [13]. Закладка подлодки «Северодвинск» проекта «Ясень» состоялась 21.12.1993 г., спуск на воду – 15.06.2010 г., в декабре 2013 г. она была принята в опытную эксплуатацию, 17 июня 2014 г. состоялось торжественное поднятие флага, и лодка вошла в состав Северного флота, т.е. строительство длилось более 20 лет [12].

УЧЕТ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

Специфическим для судостроения является наличие на балансе эллингов, доков и гидротехнических сооружений, что обусловлено особенностью производственного процесса.

В бухгалтерском учете эллинги отражаются в составе зданий и подлежат амортизации в общеустановленном порядке. Срок полезного использования здания зависит от технических характеристик здания и обычно составляет более 30 лет (десятая амортизационная группа).

В общероссийском классификаторе основных фондов к транспортным средствам отнесены речные и морские доки, в составе сооружений судостроительной промышленности перечислены пять видов доков: однокамерный сухой, двухкамерный сухой, наливной, строительный плавучий и пусковой плавучий. В налоговом учете все они входят в состав 10-й амортизационной группы (срок полезного использования – более 30 лет). Кроме доков, зачастую судостроительные компании владеют буксирами для проведения доковых операций. Доки, буксиры являются объектами налогообложения транспортным налогом.

Типичным для судостроительных предприятий является наличие следующих сооружений: достроечных (судостроительных) набережных, стапелей, слипов (наклонных береговых площадок для спуска судов со стапеля), причалов, судовых рельсовых путей, гидротехнических сооружений. Все вышеперечисленные сооружения относятся к 10-й группе основных средств со сроком службы более 30 лет.

Состав и структура основных средств (по первоначальной / восстановительной стоимости) некоторых судостроительных предприятий России приведен в табл. 1 и 2.

Как следует из табл. 1, состав основных средств судостроительных пред-

ОСОБЕННОСТИ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА В СУДОСТРОЕНИИ

ЧАСТЬ I

*Е.В. Алексеева, канд. эконом. наук, зам. директора по экономике и финансам – главный бухгалтер ОАО «СФ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 350 0433*

Таблица 1

Состав основных средств на 31.12.2013 г., тыс. руб.

Показатель	ОАО «СЗ «Северная верфь»	ОАО «Адмиралтейские верфи»	ОАО «Завод «Красное Сормово»	ОАО «СФ «АЛМАЗ»	ОАО «ПО «Севмаш»
Земельные участки	1 672 898	15 406 077	329	-	2 207 581
Здания	8 761 241	1 201 798	359 986	4 465	4 666 599
Сооружения и передаточные устройства	5 113 897	702 808	136 404	32 099	4 471 878
Машины и оборудование	594 647	2 822 954	883 891	94 500	5 837 787
Транспортные средства	178 615	162 101	45 303	17 855	621 451
Производственный и хозяйственный инвентарь	33 764	27 981	21 346	2 530	121 074
Прочие	5 592	3 073	2 214	689	5 369
Итого	16 360 654	20 326 792	1 449 473	152 138	17 931 739
Справочно: арендовано основных средств	278 369	1 491 500	307 766	73 819	519 525

Таблица 2

Структура основных средств на 31.12.2013 г., проценты

Показатель	ОАО «СЗ «Северная верфь»	ОАО «Адмиралтейские верфи»	ОАО «Завод «Красное Сормово»	ОАО «СФ «АЛМАЗ»	ОАО «ПО «Севмаш»
Земельные участки	10,23	75,79	0,02	-	12,31
Здания	53,55	5,91	24,84	2,94	26,02
Сооружения и передаточные устройства	31,26	3,46	9,41	21,10	24,94
Машины и оборудование	3,63	13,89	60,98	62,11	32,56
Транспортные средства	1,09	0,80	3,13	11,74	3,46
Производственный и хозяйственный инвентарь	0,21	0,13	1,47	1,66	0,68
Прочие	0,03	0,02	0,15	0,45	0,03
Всего	100	100	100	100	100

приятий значительно отличается, что обусловлено следующими причинами:

1) в балансе отражены только собственные основные средства, арендованное имущество отражается за балансом, что затрудняет сопоставление данных;

2) стоимость основных средств зависит от момента создания, наличия и сроков переоценки. Например, в 2013 г. ОАО «СЗ «Северная верфь» провела переоценку недвижимости, в результате чего восстановительная стоимость объектов была увеличена в 1,3 раза (табл. 3).

С 2011 г. снят запрет на переоценку земельных участков и объектов природопользования. Данное положение актуально для судостроительных предприятий, так как большинство из них с советских времен занимают большие участки прибрежной территории и выкуп земли осуществлялся по кадастровой стоимости, что сформировало низкую, не соответствующую рыночной цене первоначальную стоимость; как правило, организации прибегают к переоценке основных средств, чтобы увеличить чистые активы;

3) хотя все анализируемые предприятия судостроительные (код ОКВЭД

35.11.1), они имеют различные машиностроительные и металлургические базы, что также влияет на состав и структуру основных средств. Наличие социальной сферы и городских инфраструктурных объектов утяжеляет структуру баланса.

В целом можно сделать вывод о том, что в судостроении в составе основных средств преобладают объекты недвижимости с длительным сроком использования. Это важно при оценке эффективности перевода заводов на другие производственные площадки.

В настоящее время остается дискуссионным вопрос о порядке отражения в отчетности капитальных вложений и авансов, выданных на покупку основных средств. На практике встречаются следующие варианты: отражение в составе основных средств либо в составе прочих внеоборотных активов. На наш взгляд, оба способа уместны. Отражение капитальных вложений и авансов, выданных по строке Основные средства, предполагает их скорый ввод в эксплуатацию, законсервированные объекты строительства и объекты с неустановленными сроками сдачи целесообразно отражать в составе прочих внеоборотных активов.

Данные по переоценке основных средств на ОАО «СЗ «Северная верфь», ед. измерения – рубль

Группа основных средств	Полная стоимость до проведения переоценки	Остаточная (за вычетом амортизации) стоимость до проведения переоценки	Полная восстановительная стоимость после проведения переоценки	Остаточная (за вычетом амортизации) восстановительная стоимость после проведения переоценки
Здания	7 663 079 151.49	4 183 461 707.47	8 753 232 310.29	4 755 985 971.13
Сооружения	2 664 175 348.55	824 157 239.36	5 051 485 818.11	1 513 325 843.37
Транспортные средства	114 310 320	7 900 138.44	178 615 176	10 139 891.68
Земельные участки	1 336 777 522.94	1 336 777 522.94	1 672 898 270	1 672 898 270
Всего	11 778 342 342.98	6 352 296 608.21	15 656 231 574.4	7 952 349 976.18

Источник: Отчет эмитента за 1-й кв. 2014 г. ОАО «СЗ «Северная верфь». Дата проведения переоценки – 31.12.2013.

УЧЕТ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ

В судостроении традиционно используется линейный способ начисления амортизации. Данное положение относится как к бухгалтерскому, так и к налоговому учету. В учетных политиках и годовых отчетах анализируемых предприятий нет упоминаний о других методах. Ряд заводов начисляют амортизационную премию. В целом, амортизационные отчисления малы и составляют менее 3% себестоимости продукции (табл. 3). В этих условиях любая государственная политика по применению ускоренной амортизации в судостроении недействительна. Доля основных средств в активах незначительна и составляет не более 10%, за исключением ОАО «Адмиралтейские верфи», что объясняется большой стоимостью земельного участка.

Данные о начисленной накопленной амортизации по основным средствам приведены в табл. 4.

УЧЕТ МАТЕРИАЛОВ

Учет материалов в судостроении характеризуется следующими особенностями:

1. Широкая номенклатура используемых, от болтов и гаек до дорогостоящих систем навигации и управления судном. На корабль списывается более 3300 позиций. Поэтому очень важно разработать и внедрить в практику учета качественный классификатор, позволяющий присваивать каждому материалу свой номенклатурный номер. Недопустимо использовать один номенклатурный номер для учета разных материалов. Кроме того, одинаковые материалы могут учитываться на разных номенклатурных номерах. Обычно такое происходит при большой разнице в цене закупки партий. На практике часто возникают случаи, когда вводят новые номенклатурные номера в связи с тем, что поставщики стали по-другому именовать материалы, например, применили англоязычные названия или слова-синонимы (датчик реле – терморегулятор). Использование большого объема номенклатурных номеров приводит к трудностям при анализе себестоимости продукции, путанице и пересортице в карточках учета материалов. При организации учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ) важен

Накопленная амортизация по основным средствам на 31.12.2013 г., тыс. руб.

Показатель	ОАО «СЗ «Северная верфь»	ОАО «Адмиралтейские верфи»	ОАО «Завод «Красное Сормово»	ОАО «СФ «Алмаз»	ОАО «ПО «Севмаш»
Здания	3 999 884	139 691	190 621	1 321	1 805 663
Сооружения и передаточные устройства	3 567 505	135 321	114 140	27 014	2 189 357
Машины и оборудование	417 698	1 443 193	622 265	62 866	3 057 851
Транспортные средства	168 475	70 059	35 008	9 339	465 557
Производ. и хоз. инвентарь	28 433	21 135	20 936	2 431	93 295
Прочие	-	850	1 914	548	3 849
Всего	8 181 995	1 810 249	984 884	103 519	7 615 572

Аналитическая информация по амортизации и основным средствам (ОС) на 31.12.2013 г.

Показатель	ОАО «СЗ «Северная верфь»	ОАО «Адмиралтейские верфи»	ОАО «Завод «Красное Сормово»	ОАО «СФ «Алмаз»	ОАО «ПО «Севмаш»
Остаточная стоимость ОС, тыс. руб.	8 178 659	18 516 543	464 589	48 619	10 316 167
Коэффициент износа ОС	0,50	0,09	0,68	0,68	0,43
Доля ОС во внеоборот. активах	0,75	0,64	0,12	0,11	0,56
Доля ОС в активах	0,10	0,24	0,04	0,01	0,06
Величина начисленной амортизации, тыс. руб.	180 009	531 070	51 194	7 087	541 118
Доля амортизации в себестоимости	0,01	0,02	0,02	0,002	0,01

выбор основных единиц измерения, в которых будут вести учет в натуральном выражении. Например, трубы можно учитывать в метрах, килограммах и тоннах. Для упрощения работы важно, чтобы в организации была единая система кодификации материалов, применяемая всеми подразделениями. Данный вопрос напрямую связан с единством информационных систем и баз данных. Большие возможности для анализа отклонений появляются при соответствии кодов, указанных проектантом в документации с номенклатурными номерами, принятыми в бухгалтерском учете.

2. Наличие дорогостоящего технически сложного судового оборудования с длительным циклом производства. Оно может приобретаться не только по договорам поставки, но и по договорам на выполнение работ. В этом случае договор может быть разбит на этапы, например: 1-й этап – разработка (доработка, модернизация) изделия ААА в соответствии с техническим заданием; 2-й этап – изготовление опытного образца изделия ААА; 3-й этап – испытания опытного образца изделия ААА. В этом случае этапы оформляются актами выполненных работ и счетами-фактурами. Затраты на первый этап, как правило, включаются в состав спецрасходов и относятся на

себестоимость корабля, на который будет установлено изделие. По условиям госконтрактов все права на интеллектуальную собственность принадлежат генеральному заказчику. По 2-му этапу, если испытания изделия ААА должны проходить на заводе-изготовителе, оформляются акт приема изделия заказчиком и акт о его передаче на ответственное хранение заводу-изготовителю. В этот момент заказчик отражает изделие на счете 10 «Материалы». Окончание 3-го этапа оформляют актом и данные включают в себестоимость корабля. При покупке дорогостоящего оборудования важно прописать в договоре и согласовать с изготовителем перечень и порядок выставления документов (акты выполненных работ, товарные накладные, счета-фактуры, акты передачи на ответственное хранение, акт на возмещение транспортных расходов), чтобы у обеих сторон сделки остались подтверждающие документы.

Большим объемом импортных закупок обуславливается появление в учете курсовых разниц, таможенных пошлин, аккредитивов и других объектов. В настоящее время правительством в связи с введением санкций со стороны Евросоюза и США разрабатывается комплекс мер по импортозамещению. ■

Продолжение следует

30 сентября 2014 г. в Санкт-Петербурге прошло совместное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

На нем присутствовали директора или заместители директоров 39 предприятий из 45 предприятий-членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, представители НТО им. акад. А. Н. Крылова, председатели территориальных организаций профсоюзов Н. С. Чалов и С. П. Максименко, председатель Совета ветеранов-судостроителей Петербурга А. И. Затчаев, пресса, ТВ. Вел собрание — президент Ассоциации, председатель секции по судостроению Морского Совета В. Л. Александров.

В повестке дня были доклады В. И. Спиридопуло — генерального директора Северного ПКБ и В. В. Кучера — главного конструктора ЦМКБ «Алмаз» по теме «Международное сотрудничество в области проектирования надводных кораблей и судов».

В обсуждении докладов приняли участие В. Л. Александров, Б. И. Бронфман, Л. Г. Грабовец, В. Н. Глебов, А. Г. Гринько, А. И. Затчаев, С. П. Наседкин, Н. С. Чалов, А. А. Юрчак.

Как отметили докладчики, международное сотрудничество в области проектирования надводных кораблей и судов является одной из важнейших

ИТОГИ СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области,
контакт. тел. (812) 786 1172*

составляющих работы не только ЦКБ-проектантов, но и судостроительной отрасли в целом.

Северное ПКБ и ЦМКБ «Алмаз» за последние годы реализовали большое количество проектов для более десяти иностранных заказчиков. К сожалению, по выполненным предконтрактным работам ЦКБ-проектанты несут неоправданные финансовые убытки и потери интеллектуальной собственности в случае, если заключение контракта не состоялось.

В заключение общее собрание одобрило работу Северного ПКБ и ЦМКБ «Алмаз» в этой области и рекомендовало расширить эту важную для страны область деятельности. Одновременно было решено просить руководство ОАО «Рособоронэкспорт», Федеральной службы по ВТС, «Объединенной судостроительной корпорации» и Минпромторга РФ предпринять определенные шаги, в том числе законодательного характера, по защите финансовых интере-

сов и интеллектуальной собственности ЦКБ-проектантов, выполняющих ОКР на предконтрактной стадии.

С информацией о ходе подготовки к проведению городского профессионального праздника «День судостроителя» 30 октября выступили Т. И. Чекалова и Д. В. Пожерин — главный специалист Комитета промышленной политики и инноваций Правительства Петербурга.

Для оперативного руководства подготовки праздничных мероприятий была сформирована рабочая группа в составе Д. В. Пожерина (КППиИ), Т. И. Чекаловой, А. Н. Константинова (Фонд «Морское образование»), А. И. Затчаева, С. П. Максименко, Н. С. Чалова, А. А. Юрчака.

Кроме того, собрание обратилось с просьбой к руководству Минпромторга РФ ускорить решение об учреждении общероссийского профессионального праздника «День судостроителя» 30 октября. ■

С 20 по 24 октября 2014 г. состоялся визит членов Президиума РосНТО судостроителей и почетных членов НТО судостроителей Санкт-Петербурга в Калининград для ознакомления с работой Калининградского отделения НТО судостроителей и проведения выездного заседания Президиума.

Делегацию от петербургских судостроителей возглавлял президент РосНТО д-р техн. наук, профессор В. Л. Александров.

Возглавляет Калининградское отделение директор Института транспорта и технического сервиса Балтийского федерального университета им. Эммануила Канта д-р техн. наук, профессор, Почетный работник науки и техники РФ, Почетный гражданин Калининграда С. И. Корягин.

Делегация от Петербурга ознакомилась с деятельностью университета, были проведены встречи с его профессорско-преподавательским составом и студентами. 22 октября состоялось выездное заседание Президиума РосНТО судостроителей, в котором приняли

ВЫЕЗДНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА РОССИЙСКОГО НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А. Н. КРЫЛОВА В КАЛИНИНГРАДЕ

*Российское НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова,
контакт. тел. (812) 315 5027*

участие преподаватели и студенты университета. Открыл его президент НТО судостроителей В. Л. Александров, который выступил с докладом «О состоянии и перспективах развития судостроения в России».

С перспективами Калининградского отделения НТО судостроителей познакомил профессор С. И. Корягин. Он рассказал о новых технологических проектах, использующих современное оборудование, нанотехнологии и робототехнику, имеющиеся в лабораториях университета, высказал сожаление об отсутствии прочной связи с заводом «Янтарь».

С докладами также выступили члены Президиума РосНТО Г. Н. Муру

(«Ремонтопригодность в кораблестроении»), Ю. Ф. Подолекин («Решение задачи целеуказаний для кораблей»). Е. Ю. Лерман прочел доклад «Вопросы дизелестроения и импортозамещения», а Ю. Л. Бородин — «О работе ЦНИИ «Судового машиностроения». Кроме того, был показан фильм «Об устройстве передачи грузов в море на ходу».

23 октября делегация посетила ОАО «ПСЗ «Янтарь», где начальник производства рассказал о необходимости замены станков, механизмов и другой техники на новые, что позволило бы сдавать по три корабля или судна в год.

По завершении рабочих встреч делегация побывала в Светлогорске и на Куршской косе. ■

30 октября в Санкт-Петербурге впервые прошел профессиональный праздник работников и ветеранов судостроительной отрасли – День судостроителя. В городе состоялся ряд мероприятий, посвященных этому празднику.

К памятнику морякам и создателям флота России в сквере у здания Нахимовского училища на Петровской набережной возложили венки, на митинге выступили официальные лица и представители судостроительных предприятий города, члены профсоюзных организаций судостроительной отрасли. Среди выступавших – В.Л. Александров, президент Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Герой России, лауреат Государственной премии, Почетный гражданин Петербурга, Т.И. Чекалова, ответственный секретарь Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга, А.И. Затчаев, председатель Санкт-Петербургской общественной региональной организации «Совет ветеранов-судостроителей», по инициативе которой и появился этот праздник.

Позднее в Большом концертном зале «Октябрьский» состоялся праздничный концерт. Со сцены БКЗ собравшихся корабелов поздравили губернатор Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко, председатель Законодательного Собрания Санкт-Петербурга В.С. Макаров и председатель Федерации профессиональных союзов Санкт-Петербурга и Ленинградской области В.Г. Дербин.

Г.С. Полтавченко напомнил, что в 1696 г. Боярская Дума утвердила Указ императора Петра I «Морским судам быть» как раз в этот день 30 октября, и именно с этой даты начался отсчет истории отечественного судостроения.

ДЕНЬ СУДОСТРОИТЕЛЯ В ПЕТЕРБУРГЕ



Выступает Почетный судостроитель В.Л. Александров

«Наш город уже 310 лет строит корабли и суда, считающиеся одними из лучших в мире. На сегодняшний день в Петербурге находится около 80 % научно-конструкторского потенциала всего российского судостроения, а петербургские судостроительные предприятия выпускают почти треть российских морских и речных судов. Сейчас в отрасли трудится более 50 тысяч горожан, – отметил губернатор. – На кораблях и судах петербургской постройки служат и работают тысячи наших сограждан. Уверен, там, где работают петербургские

судостроители, изделия всегда высочайшего качества».

Он пожелал всем работникам судостроительной отрасли здоровья и уверенности в завтрашнем дне, особо отметив, что на ближайшее обозримое будущее петербургские судостроительные предприятия обеспечены серьезным гособоронзаказом.

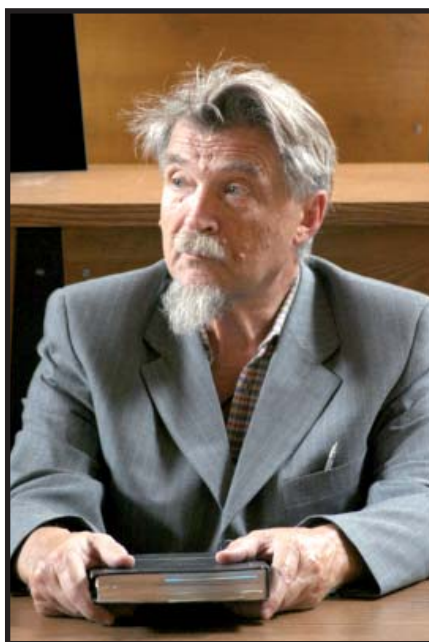
Пока День судостроителя – региональный праздник, но городские власти уже выступили с предложением учредить этот праздник на федеральном уровне. ■



Корабелов поздравляет губернатора Петербурга Г.С. Полтавченко

2 октября 2014 г. после тяжелой болезни ушел из жизни член редколлегии журнала «Морской вестник» доктор технических наук профессор кафедры проектирования судов Санкт-Петербургского морского технического университета Борис Абрамович Царев.

Закончив в 1958 г. Ленинградский кораблестроительный институт, он в течение пяти лет проработал в ЦКБ «Балтсудопроект», ведущем в то время конструкторском бюро по проектированию гражданских судов. Получив хорошую практику конструкторской работы, он поступил в аспирантуру Кораблестроительного института, закончил ее и, успешно защитив диссертацию, полностью посвятил себя служению науке и подготовке профессиональных кадров для судостроительной промышленности. Тысячи первоклассных инженеров, выпущенных им в жизнь за более чем полвека педагогической деятельности, обязаны ему своими профессиональными успехами. Под руководством профессора Царева были защищены восемь докторских и более 20 кандидатских диссертаций. Им опубликовано около 200 статей, докладов и учебных пособий, посвя-



щенных актуальным вопросам развития судостроения и общетехническим проблемам. Среди последних – «Модульные задачи в проектировании су-

дов», «Проектирование экологически чистых и энергосберегающих судов», «Оптимизационное проектирование скоростных судов» и др.

Профессор Б.А.Царев был одним из организаторов подготовки студентов в области проектирования и постройки судов с динамическими принципами поддержания, а также в области архитектурного проектирования облика судов. Большое внимание уделял он истории науки и техники.

Это был незаурядный, талантливый, широко образованный профессионал, патриот своей Родины и просто замечательный человек.

В 2009 г. он выпустил книгу автобиографических очерков «Тропинками поиска – к вершинам знаний», содержащую воспоминания об учителях, отдельные эпизоды биографии и стихи, размышления об итогах полувековой работы в кораблестроительном образовании, которая останется памятником его неутомимой деятельности на благо отечественного судостроения. ■

В новой монографии доктора исторических наук Г. А. Гребенщиковой проанализированы боевые действия российских флотилий в Средиземном и Эгейском морях в ходе русско-турецкой войны 1787–1791 гг., морская и внешняя политика России. Книга является дополнением к ранее изданной монографии «Черноморский флот в период правления Екатерины II» и содержит полностью опубликованные документы из российских архивов, в основном из Архива внешней политики Российской империи (Историко-документального департамента МИД РФ), Российского государственного архива ВМФ и Российского государственного архива древних актов.

На основании архивных источников дана оценка каперской и казенной флотилиям и их начальникам. Фактически неизвестные ранее документальные материалы позволили прямо противоположным образом тому, что писали о нем ранее, взглянуть на личность офицера греческого происхождения, состоявшего на русской службе – Ламбро Кацони (Кацониса). Капитану 1 ранга в отставке Ю. Д. Пряхину, который писал о Кацонисе, к сожалению, большая часть этих источников была неизвестна, а увиденные документы, не вписавшиеся в его концепцию, он подал

КНИГА Г. А. ГРЕБЕНЩИКОВОЙ КАК ДОПОЛНЕНИЕ К РАБОТЕ «ЧЕРНОМОРСКИЙ ФЛОТ В ПЕРИОД ПРАВЛЕНИЯ ЕКАТЕРИНЫ II»

Г. А. Гребенщикова.

Российские флотилии в Средиземном море и морская политика России при Екатерине II. – СПб.: Галарт, 2014

либо в сильно урезанном виде, либо вообще не стал публиковать и представил Л. Кацониса как героя. Однако источники свидетельствуют о том, что Л. Кацонис нарушал Морской устав, не подчинялся вышестоящему начальству, не выполнял приказов командования, не соединился с российскими отрядами судов для совместных операций против турецких морских сил. Он совершал убийства мирных жителей, занимался грабежами и разбоем на море, в основном в нейтральных водах, ввергал Россию в дипломатические конфликты. Проанализировав изложенные в монографии документальные материалы, российские и греческие историки смогут прийти к собственному заключению и сделать объективные научные выводы. ■



Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в фирменном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 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.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безанонсированной основе. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5.081 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», корабль, конструкция, характеристики
А.В. Шляхтенко. ЦМКБ «Алмаз» – 65 лет // Морской вестник. 2014. № 4. С. 1

Подробно рассказано о создании и развитии ЦМКБ «Алмаз». Особое внимание уделено достижениям конструкторов ЦМКБ. К большинству кораблей, созданных ими, подходит определение «первый в мире» Ил. 21.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** сторожевой (патрульный) корабль, противокорабельный ракетный комплекс, беспилотные летательные аппараты, стационарный ангар, контейнерные модули

В.И. Спиридопуло. Новейшие экспортные проекты ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро» // Морской вестник. 2014. № 4. С. 11

Приведены характеристики экспортных проектов боевых кораблей, предлагаемых на международный рынок ОАО «Северное ПКБ». В их числе – фрегат пр. 22356, спроектированный с использованием технологии «стелс», патрульный корабль пр. 22160, оснащенный контейнерными модулями с различным набором вооружений в зависимости от решаемых задач, патрульный корабль пр. 22500, который может быть оснащен противокорабельным ракетным комплексом «Калибр-НКЭ» или ракетным комплексом «Уран-Э». Отмечено, что на предлагаемые проекты кораблей могут устанавливаться комплексы вооружения и комплектующего оборудования как российского, так и иностранного производства. Ил. 4.

УДК 629.5.081 **Ключевые слова:** «Адмиралтейские верфи», неатомные подводные лодки, производственная загрузка

С.И. Васильева. «Адмиралтейские верфи»: 210 лет на службе Отечеству // Морской вестник. 2014. № 4. С. 14

Напоминает историю рождения верфей, их развития. Особо говорится о вкладе «Адмиралтейских верфей» в возрождение мощи Российского ВМФ в XXI в. Ил. 9.

УДК 629.039.533.6 **Ключевые слова:** характеристика, судостроительный комплекс, перспективы

И.Л. Вайсман. Новый судостроительный комплекс ОАО «Пелла» // Морской вестник. 2014. № 4. С. 19

О строительстве новой площадки ОАО «ЛСЗ «Пелла» в г. Отрадное. Основное внимание уделено возможностям комплекса, его оборудованию, новой технологии спуска судов на воду. Ил. 1.

УДК 629.5.081.22 **Ключевые слова:** буксир-спасатель, спуск на воду

Первый буксир-спасатель нового проекта спущен на воду // Морской вестник. 2014. № 4. С. 21

Сообщение о спуске на воду буксира-спасателя нового проекта, новой технологии продольного спуска на клиновидной платформе с высокой степенью автоматизации. Ил. 1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** модернизация, проект, «Северная верфь», объемы производства, инновации

Ю.Н. Таратов. Верфи Санкт-Петербурга: новая версия // Морской вестник. 2014. № 4. С. 23

Знакомит с планом инновационного развития мощностей ОАО «СЗ «Северная верфь» без остановки действующих производств как составной части программы технологической модернизации предприятий ОАО «ОСК». Подробно рассмотрен план реконструкции завода, создания на его площадях двух основных технологических потоков судострое-

ния, архитектурно-пространственно организованных на принципах «Компакт-Верфи». Ил. 5.

УДК 629.553 **Ключевые слова:** проектирование, многофункциональное спасательное судно, экология, ледакол

Г.В. Егоров. Проектирование российских многофункциональных аварийно-спасательных судов нового поколения для работы в ледовых условиях // Морской вестник. 2014. № 4. С. 27

Представлены результаты проектных проработок, теоретических и экспериментальных исследований, которые легли в основу разработанных «Морским Инженерным Бюро» концептов многофункциональных аварийно-спасательных судов нового поколения. Они могут работать в том числе в ледовых условиях и на относительно мелководье, что приводит к необходимости увеличения их длины и ширины и изменению обводов с учетом требований ледопроеходимости, к росту массы металлического корпуса и мощности пропульсивной установки. Ил. 15. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.5.035.8 **Ключевые слова:** управляемый выпрямитель, гребная электроустановка, переменного-постоянный ток

Д.В. Умаров. Энергетические показатели управляемых выпрямителей в составе гребных электроустановок переменного-постоянного тока // Морской вестник. 2014. № 4. С. 33

Показано, что при загрузке стандартных генераторов судовой электростанции целесообразно последовательно загружать якоря ГЭУ один за другим. Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

УДК 681.154. **Ключевые слова:** гибридная энергоустановка, электрохимический генератор, согласующий преобразователь, аккумуляторная батарея, морское транспортное средство

А.Н. Калмыков, С.Я. Галушин, Б.Ф. Дмитриев. Особенности проектирования гибридных энергоустановок морских транспортных средств // Морской вестник. 2014. № 4. С. 34

Рассмотрены особенности проектирования гибридных энергоустановок транспортных средств. Приведена функциональная схема автоматического управления гибридной энергоустановкой при различных режимах ее работы с применением серийно выпускаемых датчиков давления, температуры, тока. Структурная схема электроэнергетической системы транспортного средства отражает взаимосвязь потребителей и различных источников электроэнергии. Т. 1. Ил. 6. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.12.06 **Ключевые слова:** подъемно-транспортное оборудование, безопасность, нерегулярное волнение, качка, система слежения, лебедка, кран

А.А. Георгиев, И.Н. Васильев. Пути повышения качества грузопереработки в открытом море путем оснащения судов кранами перспективных конструкций // Морской вестник. 2014. № 4. С. 41

Предложен системно-методологический подход к оценке и повышению качества средств грузопереработки в открытом море. Речь идет прежде всего о таком виде судового комплектующего оборудования, как судовой кран, предназначенный для выполнения грузовых операций в море. Т. 3. Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** агрегаты бесперебойного питания, методы организации проверок функционирования АБП, средства организации проверок функционирования АБП

А.Ю. Губанов, А.Г. Сотников. Обработка корабельных агрегатов бесперебойного электропитания

в процессе их испытаний по прямому назначению в условиях предприятия-изготовителя // Морской вестник. 2014. № 4. С. 47

Изложены современные методы и средства организации проверок функционирования АБП при снижении параметров качества электроэнергии. Большое внимание уделено программным методам, обеспечивающим реализацию всего спектра проверок на основе единого комплекта унифицированных аппаратных средств. Т. 2. Ил. 6. Библиогр. 8 назв.

УДК 621.311.1 **Ключевые слова:** энергия, когенерация, ДГУ, аккумулятор, термоэлектрический модуль

И.О. Пруткин, В.В. Камлюк, А.В. Маккавеев. Расчет параметров автономного теплоэлектрогенератора на базе термоэлектрического модуля при работе в составе системы гарантированного энергоснабжения // Морской вестник. 2014. № 4. С. 51

О разработке принципов расчета элементов системы гарантированного энергоснабжения (СГЭС) с автономным теплогенератором (АТГ) для обеспечения аварийных и вспомогательных режимов функционирования автономных объектов. Показано, что на их основе можно определять показатели, отвечающие требованиям. Разработанный алгоритм расчета параметров и элементов СГЭС с АТГ, а также методика расчета АТГ и характеристики СГЭС могут найти применение при проектировании аналогичных систем для автономных объектов. Т. 2. Ил. 1. Библиогр. 10 назв.

УДК 621.311.1:629.5 **Ключевые слова:** электростанция, электродвижение, многоинверторный преобразователь частоты

В.И. Вершинин, А.Н. Богданов. ОАО «Новая ЭРА»: На пути к электродвижению // Морской вестник. 2014. № 4. С. 57

Приведены технические характеристики и состав оборудования образца многоинверторного преобразователя частоты мощностью 2,5 МВт, разработанного в ОАО «Новая Эра». Определены возможности микропроцессорной системы регулирования. Совершенствование опытного образца преобразователя частоты позволит обработать технологию изготовления электропривода, исследовать его составные части для электродвижения. Ил. 1.

УДК 656.6 **Ключевые слова:** пористая среда, коэффициент проницаемости, формула Кармана-Козени, объемный фильтроэлемент, блок сепарации, грязеемкость фильтроэлементов

В.Ю. Макаров, П.В. Наливкин, С.К. Шин. Определение коэффициента проницаемости объемных фильтроэлементов // Морской вестник. 2014. № 4. С. 59

Рассмотрен объемный фильтроэлемент, применяемый в блоках сепарации производства ООО «Винета». Показано, что, понизив значение коэффициента проницаемости (авторами предложена формула для его определения), можно рассчитать значение перепада давления при различных расходах и определить грязеемкость фильтроэлементов. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 623.746.07519 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, информационно-управляющая система БПЛА и судна

С.Н. Шаров. Система поддержки принятия решения при посадке беспилотного летательного аппарата на движущееся судно // Морской вестник. 2014. № 4. С. 61

На возможность «сухой» безаварийной посадки БПЛА на движущееся судно влияет состояние ат-

мосферы и водной поверхности, а также «умение» бортовой и судовой системы управления посадкой парировать внешние возмущения. Предложена система поддержки принятия решения реализации «сухой» или «мокрой» посадки на основе анализа внешних условий и динамики движения БПЛА и судна. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.3.06 **Ключевые слова:** автономный необитаемый подводный аппарата (АНПА), траектория, численный метод синтеза, СУД АНПА, маневрирование

В.В. Кобзев, В.К. Болховитинов. К вопросу интеллектуализации управления маневрированием автономных необитаемых подводных аппаратов. Часть 1 // Морской вестник. 2014. № 4. С. 65

Знакомит с организацией желаемых управлений СУД АНПА на основе численного метода синтеза управления процессом его движения в реальном времени в условиях ограниченного состава навигационных средств обсервации подводного местоположения. Желаемое положение АНПА на траектории при изменении курса (направления) и скорости движения представляется как движение виртуальной точки с заданными параметрами курса и скорости, сопоставляемое в реальном времени. Ил. 6. Библиогр. 12 назв.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** ЗАО «МНС», SMM-2014, судостроительная отрасль, инновации

К.А. Ваховская, К.Б. Каравашкин. Международная выставка судостроения, машинного оборудования и морских технологий SMM-2014 // Морской вестник. 2014. № 4. С. 73

О Международной выставке судостроения, машинного оборудования и морских технологий SMM-2014, прошедшей в Гамбурге в сентябре 2014 г. На ней Правительством Санкт-Петербурга был организован объединенный стенд предприятий города, где в числе крупнейших предприятий была представлена и компания «Морские Навигационные Системы». Ил. 1.

УДК 629.5.061 **Ключевые слова:** система вооружения надводного корабля, боевая информационно-управляющая система, интегрированная система боевого управления, информационно-лингвистическое обеспечение, база данных

О.Н. Музыченко, В.О. Свалов. Автоматизация управления надводным кораблем и корабельная организация // Морской вестник. 2014. № 4. С. 75

Рассмотрены основные направления развития систем вооружения перспективных надводных кораблей и проблемы, возникающие при автоматизации управления кораблями и их вооружением на этапах разработки и эксплуатации информационно-управляющих систем, в том числе вопросы информационного обеспечения при решении задач командного комплекса управления. Ил.1. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.518:629.12 **Ключевые слова:** системы контроля и управления, крановые суда, безопасность крановых операций, остойчивость

В.М. Амбросовский, Н.Б. Анисимов, И.С. Колпакова, И.М. Мухутдинов, А.А. Петров, А.Д. Степанов. Система контроля и управления крановыми операциями кранового судна // Морской вестник. 2014. № 4. С. 79

Рассмотрена система контроля и управления крановыми операциями, обеспечивающая расчет плана крановой операции с учетом веса груза, ограниченный по предельным значениям крена и дифферента и действующими ветроволновым возмущениям. Описаны особенности программного обеспечения системы. Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 004.056.53 **Ключевые слова:** комплексная система защиты информации, конфиденциальная информация, несанкционированный доступ, методы защиты, каналы утечки, сеть хранения данных

Р.Д. Куликов. Организация комплексной системы защиты информации // Морской вестник. 2014. № 4. С. 83

Предложен комплексный подход к организации защиты информации на ОАО «Армалит-1». Обозначены

основы защиты информации, а также определены сущность, цели, структура и стратегия защиты. Проанализированы источники, способы дестабилизирующего воздействия на информацию, а также каналы, методы несанкционированного доступа к информации и способы ее защиты. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.551.001.18 **Ключевые слова:** углеводороды, поиск, 3D (4D)-сейсморазведка

С.А. Бахарев, А.В. Добровольский, С.Е. Новиков, А.В. Рогожников, В.В. Савенкова. Поиск углеводородов на северных и арктических территориях // Морской вестник. 2014. № 4. С. 87

Проанализировано состояние проблемы поиска и разведки полезных ископаемых (углеводородов и др.), разработки и эксплуатации их месторождений, а также транспортировки в северных и арктических условиях. Обоснована необходимость более смелого и широкого применения инновационных технологий на всех перечисленных выше этапах с учетом их экологичности. Предложено применять достижения прикладной акустики (в том числе нелинейной) и подводной робототехники (в том числе подводных комплексов) для решения прикладных задач, направленных на повышение эффективности и обеспечение безопасности (экологической и промышленной) поиска полезных ископаемых и разработки их месторождений. Приведены результаты успешного применения разработанных инновационных методов и средств. Ил. 5. Библиогр. 12 назв.

УДК 621.643/644 **Ключевые слова:** нефтегазовые трубопроводы, магнитные поля, средства навигации, магнитные помехи, методы борьбы с помехами

П.И. Малеев. Основные проблемы диагностики подводных нефтегазовых трубопроводов и возможные пути их решения // Морской вестник. 2014. № 4. С. 93

Обращено внимание на важность проведения диагностики подводных нефтегазовых трубопроводов. Показано, что для этого целесообразно использовать магнитометрические средства с автономных необитаемых подводных аппаратов. Рассмотрены возникающие при этом проблемы и возможные пути их решения. Ил. 1. Библиогр. 18 назв.

УДК 656.13.08:629.3.667 **Ключевые слова:** безопасность, акватория, система обнаружения подводных нарушителей

Н.М. Вихров, Ю.Ф. Каторин, А.П. Нырков, С.С. Соколов, А.А. Шнуренко. О безопасности инфраструктуры водного транспорта // Морской вестник. 2014. № 4. С. 99

Об истории создания и построения системы защиты акватории портов и других объектов водного транспорта от подводных угроз в России. Ил. 6. Библиогр. 13 назв.

УДК 621.43 **Ключевые слова:** двигатель, средства коллективного спасения, международные конвенции, пусковые свойства, экономичность, прочность коленчатых валов

В.В. Алексеев, П.А. Дорохов. Некоторые вопросы модернизации и повышения эксплуатационной готовности двигателей спасательных шлюпок // Морской вестник. 2014. № 4. С. 104

Рассмотрены вопросы рационализации использования двигателей 4ЧСП8,5/11 («Каспий 40») с объемно-плечным смесеобразованием и камерой сгорания в поршне и 4ЧСП9,5/11 («Каспий 30 М») с вихрекамерным смесеобразованием в качестве приводов энергоустановок спасательных шлюпок. Дана оценка возможности модернизации этих двигателей за счет отказа от технически необоснованных затрат в виде закалки шеек коленчатых валов. Т. 2. Библиогр. 5 назв.

УДК 627.77 **Ключевые слова:** поисково-спасательное обеспечение, аварийно-спасательное дело, средства и способы спасания, судоподъемные работы, водолазное дело.

В.Н. Илюхин. В. К 70-летию 40-го Государственного НИИ аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных работ // Морской вестник. 2014. № 4. С. 107

О создании 40-го Государственного НИИ аварийно-спасательного дела, водолазных и глубоководных

работ Министерства обороны РФ, его вкладе в обособление и создание системы поисково-спасательного обеспечения ВМФ. Подчеркнуто, что по многим направлениям технической уровень поисково-спасательных сил и средств не уступает зарубежным аналогам. Ведущее положение достигнуто в таких областях, как создание спасательных подводных лодок, всплывающих спасательных камер, обитаемых спасательных подводных аппаратов и ряда другой техники. Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

УДК 623.6 **Ключевые слова:** корабельная артиллерийская установка, ракетный комплекс, космические аппараты

А.В. Романов. ФГУП «КБ «Арсенал»: новые проекты – в жизнь. К 65-летию со дня основания предприятия // Морской вестник. 2014. № 4. С. 111

Интервью с генеральным директором ФГУП «КБ «Арсенал», доктором технических наук, академиком Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского. В нем он напомнил читателям историю предприятия, которое является частью завода «Арсенал», берущего начало от Литейного двора петровского времени. Но основное внимание уделено созданию уникальных технических средств и технологий производства техники широкой номенклатуры для укрепления обороноспособности страны, в том числе для ВМФ, и освоения космоса. Ил. 16.

УДК 532.526 **Ключевые слова:** интеграл волнового сопротивления судна, функция волновой амплитуды, максимальный угол распространения волн, конечный корень интегральной функции волнового сопротивления

М.С. Камил. Вычисление волнового сопротивления тримарана методом конечного корня // Морской вестник. 2014. № 4. С. 117

С помощью предложенного автором «метода конечного корня» (ММК) вычислена высокочастотная интегральная функция волнового сопротивления Така-Лазауска для многокорпусного судна (тримарана). Результаты сравниваются с экспериментальными данными, полученными автором на моделях судна Виглея в опытовом бассейне, а также другими авторами посредством обработки измерения методами LWT (Ландвебер, преобразование Фурье), матричных элементов и эквивалентных особенностей профиля волн в следе за судном. Результаты, полученные ММК, удовлетворительно согласуются с опытными данными. Т. 4. Ил. 5. Библиогр. 10 назв.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** алгоритм, группа, роботы, планирование групповых действий, целераспределение, целевой функционал, итерационная процедура

В.В. Сахаров, А.А. Чертков, Д.С. Тормашев. Алгоритм оптимального планирования группового взаимодействия роботов // Морской вестник. № 4. 2014. С. 119

Рассмотрен алгоритм оптимального планирования групповых действий роботов при выборе целей. Алгоритм основан на использовании итерационной процедуры оптимизации целеуказаний для распределенной структуры системы планирования групповых действий роботов. По алгоритму разработана программа, реализуемая в кодах MatLAB, и рассмотрен конкретный пример, для которого выполнены расчеты целераспределения и выбрано такое решение, при котором обеспечивается максимум целевого функционала. Библиогр. 4 назв.

УДК 005.521:338.2:336.12:621.039.5 **Ключевые слова:** основные средства, учет, амортизационные отчисления, материалы, налог, добавленная стоимость

Е.В. Алексеева. Особенности бухгалтерского учета в судостроении. Часть 1 // Морской вестник. 2014. № 4. С. 124

Проанализировано положение дел с бухгалтерским учетом в судостроении. Внимание уделено способу учета амортизационных отчислений, материалов, созданию резерва под снижение стоимости материальных ценностей. О методах возмещения НДС и порядке калькулирования продукции, резервах предстоящих расчетов и других особенностях бухгалтерского учета в судостроении будет рассказано в части 2. Т. 6. Библиогр. 13 назв.

SUMMARIES

A.V. Shlyakhtenko. Central Marine Design Bureau «Almaz» – 65 years

Creation and development of CMDB «Almaz» are detailed. Special attention is paid to the achievements of the CMDB designers. The definition of «the first in the world» can be applied to the most of the ships the designers have created.

V.I. Spiridopulo. The latest export projects of Severnoye Design Bureau Joint Stock Company

Reports specifications of export projects of warships offered on the international market by the Severnoye Design Bureau JSC. Among them – the frigate project 22356, designed with the use of technology «stealth», patrol boat project 22160 equipped with container modules with a set of weapons varied depending on tasks, patrol boat project 22500, which can be equipped with an anti-ship missile complex «Kalibr-NKE» or missile complex «Uran-E». It is noted that weapons systems and associated equipment, both Russian and foreign production, can be installed on the proposed ship projects.

S.I. Vasilyeva. «Admiralty shipyards»: 310 years in the service of Homeland

Recalls the story of the shipyards' birth, their development. Highlights the contribution of the «Admiralty shipyards» in the revival of the power of the Russian Navy in the XXI century.

I.L. Vaisman. A new shipbuilding complex «Pella» JSC

About the construction of a new site of JSC «Leningrad Shipbuilding Yard «Pella», in the town of Otradnoe. The main attention is paid to the resources of the complex, its equipment, new floating technology.

The first rescue tug of a new project launched

Announcement of launching of a new project rescue tug, new technologies of end launching on a wedge-shaped platform with a high degree of automation.

Yu.N. Taratnov. Shipyards in St. Petersburg: new version

Introduces the plan of innovative development of the capacities of «SY «Severnaya Verf» (Northern Shipyard) JSC that does not call for stopping existing facilities being as an integral part of the program for technological modernization of enterprises of «United Shipbuilding Corporation» JSC. Details the plan for the reconstruction of the plant, for creation of two major shipbuilding process streams on its space, organized by architecture and space on the principles of «Compact Shipyard».

G.V. Egorov. The design of the Russian multi-functional rescue vessels of a new generation for operation in ice conditions

Presents the results of the design studies, theoretical and experimental investigations, which formed the basis of the concepts of multifunctional rescue vessels of a new generation developed by the «Marine Engineering Bureau». They can also work in ice conditions and at relative shallow water that lead to the necessary increase of their length and width and change of contours with regard to the requirements of icebreaking capacity, to the increasing mass of the metal housing of the propulsion and power installation.

D.V. Umyarov. Energy indicators of controlled rectifiers as a part of AC-DC propulsion system

It is shown that when loading the standard generators of the ship's electric powerplant, it is rational to consistently load SEP armatures one after the other.

A.N. Kalmykov, S.Ya. Galushin, B.F. Dmitriev. Peculiarities of design of hybrid power plants for marine vehicles

Features of design of hybrid power vehicles are discussed. A functional diagram of the automatic control of a hybrid power plant under different modes of operation with the use of commercially available pressure sensors, temperature, current is shown. Structural diagram of the electrical system of the vehicle reflects the relationship of consumers and different sources of energy.

A.A. Georgiev, I.N. Vasilyev. Ways to improve the quality of cargo handling on the high seas by equipping ships with cranes of long-range design

Proposes system-methodological approach to evaluate and improve the quality of cargo handling on the high seas. This means in the first place such type of ship component equipment as a ship crane designed to perform cargo operations at sea.

A. Yu. Gubanov, A.G. Sotnikov. Development of uninterrupted power supply ship units in the process of their testing for the purpose specified in the conditions of the manufacturer

Presents modern methods and means of UPS checking when reducing the power quality parameters. Much attention is paid to software methods supporting the implementation of the whole range of inspections on the basis of a common set of standardized hardware.

I.O. Prutchikov, V.V. Kamlyuk, A.V. Makkaveev. Thermoelectric generator parameter analysis on the basis of the thermoelectric modules when working as part of an uninterruptible power system for emergency

On the development of principles for the analysis of uninterruptible power system elements (UPS) with autonomous thermopile generator (ATG) for different application conditions. It is shown that it is possible on their basis to identify indicators that meet the requirements. The algorithm of analysis of the parameters and elements of UPS with the ATG, as well as the analysis method of the ATG and characteristics of UPS can be used when designing similar systems for autonomous objects.

V.I. Vershinin, A.N. Bogdanov. «New ERA» JSC: towards electric propulsion

Gives the technical characteristics and configuration of equipment of frequency policonverter sample cap.2.5 MW developed in «New Era» JSC. Identifies opportunities of microprocessor-based system of regulation. Improvement of the frequency converter prototype will allow to process technology of electric drive, to examine its component parts for electric propulsion.

V. Yu. Makarov, P.V. Nalivkin, S.K. Shin. Determination of the permeability coefficient of volumetric filter elements

Considers volume filter element used in blocks of the production separation of «Vinet» LLC.

It is shown that a low value of permeability coefficient (the authors proposed a formula for its determination), it is possible to calculate the value of the pressure difference at different costs and to determine the dirt-holding capacity of filter elements.

S.N. Sharov. Decision support system when landing unmanned aerial vehicle on a moving ship

On the possibility of «dry» trouble-free landing UAV on a moving ship is affected by the state of the atmosphere and the water surface, as well as «skill» of onboard and hull landing control system to parry external perturbations. Decision support system is proposed for implementation of the «dry» or «wet» landing on the basis of the analysis of external conditions and dynamics of the UAV and the vessel.

V.V. Kobzev, V.K. Bolkhovitinov. To the question of intelligent control maneuvering of Autonomous unmanned underwater vehicles. Part 1.

Introduces the organization to the desired departments of the COURT of ANP-based numerical method for the synthesis of process control his movements in real time on a limited part of navigational AIDS observation of the underwater location. The desired position of ANP on the trajectory when changing course (direction) and speed is represented as the movement of virtual point with the specified parameter of the course and speed that map in real time.

K.A. Vakhovskaya, K.B. Karavashkin. International exhibition of shipbuilding, machinery and marine technology SMM-2014

About the International exhibition of shipbuilding, machinery and marine technology SMM-2014, held in Hamburg in September 2014 There the St. Petersburg Government organized the united stand of the city enterprises, where the company «Marine bridge & navigation systems» was presented among the biggest enterprises.

O.N. Muzychenko, V.O. Svalov. Automation control for surface ship and the ship's organization

The basic directions of weapon systems development of perspective surface ships and problems encountered in automating the management of ships and their weapons on stages of development and operation of information management systems, including issues of information provision in solving tasks command of the control system.

V.M. Ambrosovsky, N.B. Anisimov, I.S. Kolpakova, I.M. Mukhutdinov, A.A. Petrov, A.D. Stepanov. Monitoring and control system for crane operations of a crane vessel

Considers a system of monitoring and control of crane operations, provides the analysis of crane operations design with regard to weight restrictions on the limiting values of pitch and roll and existing wind disturbances. Describes the features of the software system.

R.D. Kulikov. Organization of complex information security system

A comprehensive approach to organization of information security at «Armatil-1» JSC. Marks the basics of information security, as well as identifies the nature, purpose, structure and strategy of protection. Analyzes the sources, ways of destabilizing impacts on the information, as well as the channels, methods of unauthorized access to information and ways to protect it.

S.A. Bakharev, A.V. Dobrovolsky, S.E. Novikov, A.V. Rogozhnikov, V.V. Savenkova. The search for hydrocarbons in the Northern and Arctic areas

Analyzes the problem state of the search and

exploration of mineral resources (hydrocarbons, and others), the development and operation of their deposits, and transportation in Northern and Arctic conditions. Proves the necessity of a more ambitious and wide application of innovative technologies in all the above stages with regard to their eco-friendliness. Proposes application of achievements of applied acoustics (including nonlinear) and underwater robotics (including underwater complexes) for solving applied tasks aimed at improving the efficiency and safety (environmental and industrial) mineral exploration and development in their fields. Gives the results of the successful application of innovative methods and tools.

P.I. Maleev. The main problems of diagnostics of underwater oil and gas pipelines and possible ways of their solution

Attention is drawn to the importance of diagnostics of underwater oil and gas pipelines. It is shown that for this purpose it is rational to use the magnetometer means with Autonomous unmanned underwater vehicles. Considers emerging issues and possible solutions.

N.M. Vikhrov, Yu.F. Katorin, A.P. Nyrkov, S.S. Sokolov, A.A. Shnurenko. On the safety of water transport infrastructure

About the creation and establishment history of a protection system for ports and other objects of water transport from underwater threats in Russia.

V.V. Alekseev, P.A. Dorokhov. Some issues of modernization and improvement of operational readiness of lifeboat engines

Questions of rationalization of the use of engines ChSP8,5/11 («Caspian 40») with space-film mixture formation and combustion chamber in the piston and ChSP9,5/11 («Caspian 30M») swirl-chamber carburetion as drive of lifeboat power facilities. Assess the upgradability of these engines due to the refusal of technically unjustified costs in the form of hardening journals of crankshafts.

V.N. Ilyukhin. To the 70th anniversary of the 40th National Scientific-Research Institute of emergency, diving and deep-sea operations

About the creation of the 40th National Scientific-Research Institute of emergency, diving and deep-sea operations of the Ministry of Defense of the Russian Federation, its contribution to the study and creation of a system of search and rescue support of the Navy. Emphasizes that in many areas the technical level of search and rescue forces and resources would not disgrace the foreign analogues. The leading position is achieved in such areas as creating a rescue submarines, pop-up rescue cameras, manned submarine rescue vehicles and other equipment.

A.V. Romanov. The Federal State Unitary Enterprise «Design Bureau «Arsenal»: new projects in life. To the 65th anniversary of the company foundation

Interview with General Director of FSUE «Design Bureau «Arsenal», doctor of technical sciences, academician of the Russian Academy of cosmonautics named. K.E. Tsiolkovsky. He reminded readers of the history of the company, which is a part of the «Arsenal» plant originating from the Mould yard of Peter the Great's reign. But the main attention is focused on creating unique technical means and technologies of equipment production for a wide range of strengthening the defense capability of the country, including the Navy, and space exploration.

M.S. Kamil. Calculation of the wave resistance of the trimaran with the finite root method

With the help of «finite root method» (FRM) proposed by the author high-frequency rectangular of Taka-Lazauskas wave resistance is calculated for multihull vessel (trimaran). The results are compared with experimental data obtained by the author on the Wigley ship models in the model tank, as well as by other authors by processing measurement methods LWT (Landweber, Fourier transform), the matrix elements and the equivalent features of the waves profile in the trail behind the vessel. The results of FRM, agree with the experimental data.

V.V. Sakharov, A.A. Chertkov, D.C. Tormashev. The algorithm of the optimal planning for group interaction of robots

Discusses the algorithm of the optimal planning for group activities of robots when targeting. The algorithm is based on the use of iterative optimization procedure of the sound parameters for the distributed structure of the system of planning group activities for robots. The program, implemented in MatLAB codes, is developed on the basis of the algorithm and a specific example with the provision of the maximum target functionality is considered.

E.V. Alekseeva. The peculiarities of accounting in shipbuilding. Part 1

Analyzes the status of accounting in shipbuilding. Attention is paid to the method of accounting for depreciation, materials, provision of impairment of material assets. Methods of VAT reimbursement and procedure of calculation of production, provisions for liabilities and charges and other peculiarities of accounting in shipbuilding will be discussed in part 2.