

Морской



Вестник

№1(49)

м а р т

2 0 1 4

ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



28 ноября 2013 года на ОАО «Адмиралтейские верфи»
спущена на воду подводная лодка «Новороссийск»
проекта 636.3 для Военно-Морского Флота России



2013 год для ОАО «Судоостроительная фирма «Алмаз» ознаменовался важными юбилеями: исполнилось 80 лет со дня основания фирмы, 65 лет ее генеральному директору Л. Г. Грабовцу и 45 лет его работы на родном предприятии.

25 декабря 2013 г. в Екатерининском зале Кремлевской резиденции Президента РФ состоялась церемония вручения государственных наград Президентом Российской Федерации В. В. Путиным. Генеральный директор ОАО «Судоостроительная фирма «Алмаз», председатель Совета директоров ОАО «Морской завод «Алмаз» Л. Г. Грабовец был награжден Орденом Дружбы за большой вклад в реализацию крупных экономических проектов с привлечением инвестиционных средств в экономику страны.

ОАО «Судоостроительная фирма «Алмаз» и ОАО «Морской завод «Алмаз», возглавляемые Л. Г. Грабовцем, ведут строительство серии пограничных сторожевых кораблей территориального моря пр. 22460, зав. № 504–508 для Пограничной службы ФСБ РФ и серии морских самоходных плавучих кранов грузоподъемностью 35–150 т, зав. № 900–908 для нужд Министерства обороны Российской Федерации.

По результатам строительства серии малых артиллерийских кораблей для Министерства обороны Российской Федерации ОАО «Судоостроительная фирма «Алмаз» в 2013 г. получило важный государственный заказ на строительство девяти морских самоходных плавучих кранов грузоподъемностью 35–150 т. Этот заказ позволил загрузить предприятие работой до 2017 г. Морские самоходные плавучие краны строятся на двух площадках: ОАО «Судоостро-

ВРУЧЕНИЕ ОРДЕНА ДРУЖБЫ Л. Г. ГРАБОВЦУ – ПРИЗНАНИЕ ЗАСЛУГ ВСЕГО КОЛЛЕКТИВА ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ»



ительная фирма «Алмаз», Петровский пр., 26 и ОАО «Морской завод «Алмаз», Уральская ул., 19.

В прошедшем году «Судоостроительная фирма «Алмаз» успешно завершила испытания и передала второе серийное пограничное патрульное судно пр. 22120, зав. № 051 и два патрульных катера пр. 12200 «Соболь»

для Пограничной службы ФСБ России.

Подводя итоги, хочется отметить, что предприятие под профессиональным руководством Леонида Герасимовича Грабовца уверенно смотрит в завтрашний день, и государственная награда – лучшее тому подтверждение. ■



СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

Морской Вестник



№1(49)

м а р т

2 0 1 4

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

С.Н. Форафонов, вице-президент
ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова
К.П. Борисенко, профессор 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 Эксплешнс»
РА. Урусов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»
А.В. Ушаков, генеральный директор
ОАО «СЗ "Северная верфь"»
Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн "МорФлот"»
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

- Вручение Ордена Дружбы Л.Г. Грабовицу – признание заслуг
всего коллектива ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»»..... 1*
- Г.Ф. Демешко**. Вклад академика В.М. Пашина
в развитие отечественного судостроения 6
- «Новороссийск» – долгожданная подлодка для отечественного флота! 8*
- Судостроители «Северной верфи» – ВМФ России 11*
- М.С. Бойко, М.А. Кутейников, В.Н. Тряскин**. Анализ требований
Гармонизированных общих правил МАКО и разработка
специального программного обеспечения 13
- Вручение С.Н. Седову патента «Петровский корабель»..... 15*
- А.Г. Филимонов**. Внедрение передового зарубежного опыта
корпусной изоляции в отечественное судостроение 17
- Памяти товарища 19*
- Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, А.Г. Егоров**. Предпосылки и основные результаты
проектирования грузопассажирских судов для Северной Двины 21
- Г.Н. Муру, О.А. Нестерец**. Сравнительный анализ элементов
системы технического обслуживания и ремонта военно-морской техники 28

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Л.Г. Кузнецов, Ю.Л. Кузнецов**. Компрессоры для тех, кто умеет считать..... 31
- О.И. Овечкин, А.В. Новосёлова**. Электромеханизмы и электродвигатели
разработки ОАО «Электропривод» 34
- Д.А. Посадов, Д.В. Умяров, В.Г. Титов**. Сравнительный анализ
систем электродвижения специального назначения 39
- Ю.А. Губанов, К.В. Жданов, А.Г. Сотников, Д.С. Муликов**.
Электроснабжение и электропитание корабельных потребителей:
работа по исправлению нагрузки 43
- К.Г. Голубев**. Методология формирования схемно-технических
и конструктивных решений разрабатываемой единой электроэнергетической
системы для судов с электродвижением 49
- Н.П. Шаманов, В.В. Кожемьякин, В.О. Кожемьякин**.
Расчетно-теоретическое исследование статических характеристик
ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата типа «Бета»:
режимы без отключения пароводяных струйных аппаратов 51
- Ю.А. Лебедев, А.А. Арутюнян**. Исследование и разработка
термоэлектрических теплообменных аппаратов 55
- А.Г. Пилюгин**. Методика расчета индикаторной мощности
главного двигателя в судовых условиях 58
- А.Ю. Румянцев, В.Ф. Самосейко**. Оптимальное по критерию потерь
управление гребной дизель-электрической установкой
с унитарными машинами 59
- П.В. Наливкин, А.Н. Гаврилова**. Очистка отработавших газов
теплового двигателя НАПЛ 63



- А. А. Копанев, А. М. Тихоненко, В. О. Бойченко.** Противопожарная защита. Современность и перспективы развития аппаратуры систем пожарной автоматики разработки и производства ОАО «НПФ «Меридиан»... 65
- В. В. Бортовский, Н. М. Вихров, В. П. Лянзберг.** К вопросу проектирования конических акриловых иллюминаторов высокого давления..... 69

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- А. Ю. Смирнов, И. Р. Францев.** Особенности реализации унифицированных цифровых систем управления газотурбинным двигателем 75
- Ю. Ф. Подоплёкин, В. А. Смирнов.** Комбинированный метод диагностирования бортовых систем управления в технологии приемочного контроля 79

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

- А. Ф. Зеньков, С. П. Алексеев, П. Г. Бродский.** О вкладе ОАО «ГНИНГИ» в развитие навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. К 75-летию ГНИНГИ 85

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

- А. Н. Мягков, А. А. Беликов.** Автоматизация судовождения – залог безопасности 91
- А. В. Иванченко, О. К. Бумай, А. Е. Сосюкин, Р. В. Константинов.** Актуальные проблемы медицинского обслуживания плавсостава морского и речного флота РФ 95

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- Е. П. Абросимов, Д. А. Богданов, Р. А. Мыскин.** Отечественная нормативная база в области подготовки электронной документации 99
- А. А. Веселов, Б. А. Горелик, А. И. Фрумен.** Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводных бессварных соединений методом конечных элементов 103
- Л. М. Клячко, Н. Н. Тарасов, Г. Э. Острецов.** Алгоритмы фильтрации с интегральными невязками при управлении судном в условиях развитого морского волнения..... 105
- А. Е. Богданов.** Система организационно-управленческих дисциплин для исследования процессов управления жизненным циклом морской техники по видам представлений..... 110
- А. Г. Пилюгин.** Математическая модель движения судна на установившейся циркуляции 111
- А. В. Смольников, А. В. Алексеев.** Квалиметрическое обеспечение повышения конкурентоспособности объектов морской техники и морской инфраструктуры 113

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- В. Е. Юхнин.** Ракетные крейсера пр. 1164 «Атлант»..... 121
- С. М. Вилков.** Инженер-кораблестроитель Ф. С. Шлемов. К 100-летию со дня рождения..... 123
- С. П. Сырый.** Император Петр I на службе в Российском флоте 127

Главный редактор

Э. А. Конов, канд. техн. наук
Зам. главного редактора
А. Ю. Пылаев
 Тел./факс: (812) 6004586
 Факс: (812) 5711545
 E-mail: morvest@gmail.com
 www.morvest.korabel.ru

Редакционная коллегия

К. Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.
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
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. Логачёв, 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. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В. Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.
Л. А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю. Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.
А. В. Пустошный, чл.-корр. РАН
А. А. Родионов, д-р техн. наук, проф.
К. В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А. А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
Ю. Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.
В. И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н. П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.
Б. А. Царёв, д-р техн. наук, проф.

Редакция

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

Редактор

Т. И. Ильичёва

Дизайн, верстка

С. А. Кириллов, В. Л. Колпакова

Адрес редакции

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

Учредитель-издатель

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

Электронная версия журнала размещена на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www.elibrary.ru и включена в Российский индекс научного цитирования
Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник» включен в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
<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 № 194.
 Ответственность за содержание информационных и рекламных материалов, а также за использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка допускается только с разрешения редакции.

Морской Вестник



№1(49)
march
2014

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairmen

S.N. Forafonov, Vice-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

G.D. 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 Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

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

JSC SPA Sevspezavtomatika

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

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

A.V. Ushakov, General Director

JSC SP Severnaya Verf

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

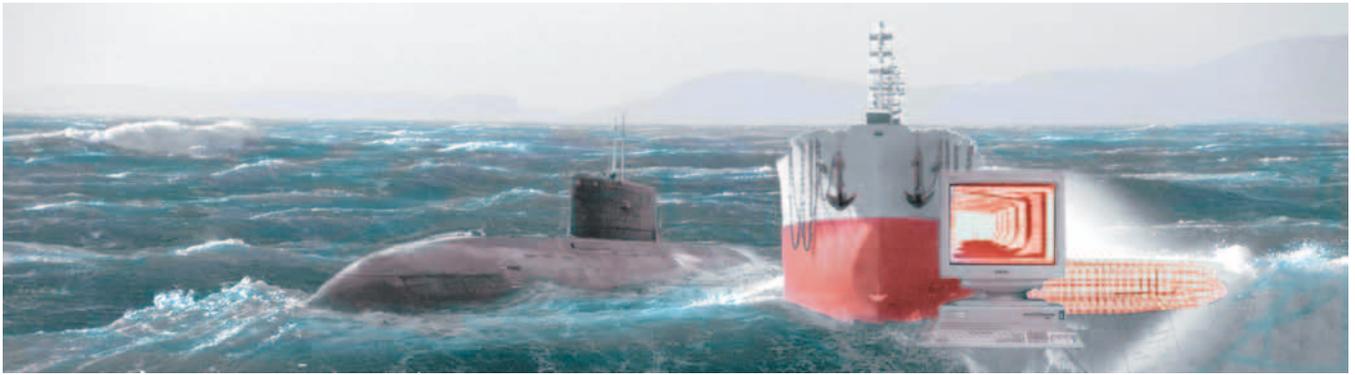
CONTENTS

SHIPBUILDING AND SHIP-REPAIRING

- Presenting L.G. Grabovets with the Order of Friendship – paying a tribute to the entire team of Shipbuilding company «Almaz»* 1
- G.F. Demeshko**. Contribution of the academician V.M. Pashin in the development of the national shipbuilding 6
- «Novorossiysk» – the long-awaited submarine to the Russian Navy!*..... 8
- Shipbuilders of «Northern shipyard» – Russian Navy*..... 11
- M.S. Boyko, M.A. Kuteynikov, V.N. Tryaskin**. Analysis of requirements of Harmonized common rules of IACS and development of special software 13
- Presenting S.N. Sedov with the patent «Petrovsky Korabel»*..... 15
- A.G. Filimonov**. Introduction of advanced foreign experience of the hull isolation in the Russian shipbuilding..... 17
- The memory of comrade*..... 19
- G.V. Egorov, V. I. Tonyuk, A. G. Yegorov**. Background and main results of the design of cargo and passenger vessels for the Northern Dvina 21
- G.N. Muru, O.A. Nesterets**. Comparative analysis of the elements of the system of technical service and repair of naval equipment..... 28

PROPULSION MACHINERY AND SHIP EQUIPMENT

- L.G. Kuznetsov, Yu.L. Kuznetsov**. Compressors for those who know how to count 31
- O.I. Ovechkin, A.V. Novoselova**. Electric gears and motors developed by JSC «Electroprivod» 34
- D.A. Posadov, D.V. Umyarov, V.G. Titov**. Comparative analysis of the electromotive systems of special purpose 39
- Y.A. Gubanov, K.V. Zhdanov, A.G. Sotnikov, D.C. Mulikov**. Power supply and power supply of ship consumers: the work of fixing the load 43
- K.G. Golubev**. The methodology of formation of circuit-technical and design solutions developed the unified power system for vessels with electric propulsion 49
- N.P. Shamanov, V.V. Kozhemyakin, V.O. Kozhemyakin**. Calculation-theoretical study of the static characteristics of nuclear monoblock steam-raising unit of «Beta» type: mode without turning off the water-steam jet devices..... 51
- Y.A. Lebedev, A.A. Arutyunyan**. Research and development of thermoelectric heat exchangers..... 55
- A.G. Pilyugin**. Procedure of calculation of the indicator power of the main engine in marine conditions..... 58
- A.Y. Rumyantsev, V.F. Samoseyko**. Regret criterion optimal control of the propeller diesel-electric installation with unipolar machines 59
- P.V. Nalivkin, A.N. Gavrilova**. Cleaning of exhaust gases of the heat engine of a non-nuclear submarine 63



A.A. Kopanev, A.M. Tikhonenko, C.O. Boychenko. Fire protection. The present and prospects of development of the equipment of systems of fire automatics developed and produced by JSC 'NPF «Meridian»..... 65

V.V. Bortovskiy, N.M. Vikhrov, B. N. Lyanzberg. The issue of designing conical acrylic high pressure illuminators..... 69

RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

A. Y. Smirnov, I.R. Frantsev. Peculiarities of the realization of unified digital control systems for gas turbine engine..... 75

Y.F. Podoplekin, V.A. Smirnov. The combined method of diagnosis of onboard systems control for acceptance inspection technology 79

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

A.F. Zen'kov, S.P. Alekseev, P.G. Brodskiy. On the contribution of JSC «GNINGI» in the development of navigational and hydrographic support of Maritime activities. To the 75th anniversary of «GNINGI» 85

SAFETY OF NAVIGATION

A.N. Myagkov, A.A. Belikov. Automation of navigation - guarantee of safety..... 91

A.V. Ivanchenko, O.K. Bumay, A.U. Sosyukin, R.V. Konstantinov. Actual problems of medical care of seafarers at the sea and river fleet of the Russian Federation..... 95

SEA EQUIPMENT: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

E.P. Abrosimov, E.A. Bogdanov, R.A. Myskin. Domestic regulatory framework in the field of preparation of the electronic documentation..... 99

A.A. Veselov, B.A. Gorelik, A.I. Frumen. Investigation of the stress-strain state of pipeline non-welded compounds by the finite element method..... 103

L.M. Klyachko, N.N. Tarasov, G.E. Ostretsov. Filtering algorithms with integrated невязкам when the management of a vessel in conditions of the developed sea waves..... 105

A.E. Bogdanov. The system of organizational-managerial disciplines to study the processes of the lifecycle management of marine technology by types of representations..... 110

A.G. Pilyugin. Mathematical model of the motion of a vessel on a steady circulation 111

A.V. Smolnikov, A.V. Alekseev. Quality metering support of the increase of competitiveness of marine technology and marine infrastructure objects 113

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

V.E. Yukhnin. Missile cruisers of project 1164 «Atlant»..... 121

S.M. Vilkov. Naval architect F.S. Shlemov. To the 100th anniversary of his birthday..... 123

S.P. Siryi. Emperor Peter I in service in the Russian Navy..... 127

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.
Deputy Editor-in-Chief
A.Yu. Pylaev

Phone/Fax: +7 (812) 6004586
Fax: +7 (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail.com
www.morvest.korabel.ru

Editorial Collegium

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.
Yu.V. Baglyuk, Ph. D.
VI. 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.
PI. 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. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Ruzetzkyy, D. Sc., Prof.
N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.
Yu.F. Tarasyuk, 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 № 194.

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.

Я благоговею перед ними и встаю,
когда называют их имена

Луций Анней Сенека

Валентин Михайлович Пашин родился 25 июля 1937 г. в р.п. Алексеевка Хвалынского района Саратовской области, в 1954 г. окончил Алексеевскую среднюю школу, а в 1960 г. – Ленинградский кораблестроительный институт по специальности «Судостроение и судоремонт» (диплом с отличием).

Валентин Михайлович всецело посвятил себя служению кораблестроительной науке, на всю жизнь связав себя с Крыловским научным центром (ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова), где прошел блистательный путь от техника (1959 г.), инженера (1960 г.), инженера-исследователя (1962 г.), младшего научного сотрудника (1964 г.), начальника сектора (1966 г.), начальника отдела (1968 г.), начальника отделения (1978 г.), заместителя директора по научной работе в области гидродинамики, прочности и автоматизированного проектирования (1979 г.), затем заместителя директора по научной работе – главного инженера (1988 г.) до директора (1990 г.), научного руководителя – директора института (2001 г.). В последние два года он – научный руководитель, заместитель генерального директора.

Институт В. М. Пашин возглавил в сложное время экономических преобразований в стране, внося существенный вклад в его дальнейшее развитие и адаптацию к новым условиям. Всего себя он посвятил тому, чтобы ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова превратился в головную научно-исследовательскую организацию отечественного кораблестроения, при прямом использовании интеллектуального потенциала которой в стране к началу 90-х гг. было обеспечено создание первоклассного военно-морского флота и одного из крупнейших торгового и промыслового флотов мира.

При непосредственном творческом участии Валентина Михайловича в институте были возведены такие уникальные стенды, как док-камеры для глубоководных испытаний, большая скоростная гидродинамическая труба, ледовый бассейн, новое модельное производство. Под его руководством за 22 года центр пережил новый подъем, став признанным мировым лидером в своей области знаний.

В. М. Пашин как ученый явился одним из пионеров широкого применения компьютерной техники в сочетании с экспериментальными средствами гидродинамических лабораторий, значительно увеличивающего возможности модельного эксперимента для получения новых результатов в гидродинамике и акустике. Он стал организатором

ВКЛАД АКАДЕМИКА В. М. ПАШИНА В РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ

**Г. Ф. Демешко, д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой проектирования судов СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 494 0969**



и координатором множества научных и промышленных программ и научных направлений, в первую очередь теоретических основ системного проектирования судов и кораблей, создателем теории их оптимизации на основе математико-вычислительных средств. Способствовал повышению боевой эффективности и скрытности многоцелевых атомных подводных лодок, скорости и глубины погружения.

В. М. Пашин руководил комплексными межотраслевыми научными исследованиями, которые выполнялись по решению Государственной комиссии Совета Министров СССР по проблемам «Градиент» (повышение глубины погружения и ресурса циклической прочности корпусов подводных лодок и глубоководных аппаратов), «Бастион» (создание конструктивной защиты кораблей и подводных лодок от действия взрывов морского оружия) и «Океан» (научно-техническое обеспечение оборонной и хозяйственной деятельности в океане), возглавлял научно-исследовательские работы и непосредственно проводил исследования по созданию принципиально новых гребных винтов и других типов движителей для подводных лодок, по улучшению защиты надводных кораблей от современных средств обнаружения и поражения, повышению топливной экономичности создаваемых кораблей и судов, снижению их метал-

лоемкости, улучшению мореходности, повышению безопасности эксплуатации. Много сил и внимания В. М. Пашин уделял отработке конкретных проектов АПЛ по заданию ЦКБ МТ «Рубин». Сданная ВМФ России в декабре 2001 г. АПЛ пр. 971 «Гепард», над экспериментальной отработкой которой институт работал лично под руководством В. М. Пашина, признана отечественными и зарубежными специалистами одной из самых малозумных в мире.

За заслуги в создании АПЛ и проведении их натурных испытаний в 1994 г. В. М. Пашин был удостоен звания Героя РФ как руководитель крупнейшего научного центра, один из основных разработчиков доктрин и программ развития кораблестроения, генеральных схем развития отрасли, прогнозов развития отечественного и зарубежного кораблестроения и судостроения.

Он – лауреат Государственных премий и премии РАН, «Человек года» в номинации ВПК, член Европейского клуба менеджеров. Признанием высокого международного научного авторитета В. М. Пашина явилось избрание его членом Консультативного совета Международной организации опытовых бассейнов, действительным членом Института морского инжиниринга, науки и технологии (Великобритания) и Европейского инженерного Совета с правами международного эксперта проектов.

Валентин Михайлович явился основоположником и главой признанной научным сообществом школы, разрабатывающей методы проектирования больших и сложных человеко-машинных систем, оптимизирующих технические и организационные решения, принимаемые при их создании и эксплуатации.

Его хватало на все. В 1995 г. В. М. Пашин возглавил кафедру проектирования судов СПбГМТУ, создав и здесь свою научно-педагогическую школу. В возрасте 28 лет он начал сотрудничать с Корабелкой как педагог, защитив докторскую диссертацию, воспитав десятки первоклассных специалистов и множество кандидатов и докторов наук. Учебные планы и программы дисциплин кафедры «Проектирования судов», методологии преподавания и воспитания инженерных кадров были предметом его пристального внимания.

Им разработаны теоретические основы современных методов оптимизации кораблей и судов на базе математико-вычислительных средств, в том числе:

- методология, математические модели и методы оптимизации состава флота при формировании судостроительных программ;
- теория и методы согласованного проектирования подсистем судна с позиций оптимизации проекта в целом (теоретические основы системного проектирования судов);
- теория и практические методы оптимизации основных элементов судов на начальных стадиях проектирования.

Действительный член РАН, доктор технических наук, профессор В. М. Пашин в разные годы вел большую общественно-научную работу. Так, он являлся членом Совета при Президенте РФ по науке, технологиям и образованию, председателем экспертного совета по ФЦП «Национальная технологическая база», членом научно-технического совета при Совете Безопасности РФ,

Правительственной комиссии по научно-инновационной деятельности, членом Совета генеральных и главных конструкторов, ведущих ученых и специалистов в области высокотехнологичных секторов экономики при Председателе Правительства РФ, Военно-промышленной комиссии, Морской коллегии РФ, Председателем экспертного совета по стипендиям Президента РФ работникам ОПК, членом Президиума Российской академии наук.

Однажды в частном разговоре, как бы оценивая свой путь, он подытожил: «Жизнь меня кидала с одного на другое. Я занимался ледокольным судном, потом судами на подводных крыльях, на воздушной подушке, одно время рыболовными судами, полгода плавал в океане на большом траулере французской постройки... Я начинал с гражданского судостроения, а к военному кораблестроению пришел, когда начинали строить третье поколение, когда пошли самые лучшие корабли, когда стали внедряться новые решения. В частности, я участво-

вал в проектировании винтов, мы сделали такой винт, который, образно говоря, вывез нас потом, в «эпоху реформ»: его устанавливали на пассажирские лайнеры европейские судостроители. ...Судьба меня не слишком баловала, но все-таки благоволила ко мне – в профессиональном смысле мне очень сильно повезло. Я оказался знаком со всеми типами судов и кораблей. Абсолютно. И не просто знаком, а достаточно хорошо в них разбираюсь. Приходилось бывать и на специальных испытаниях, и при «разборе полётов» по поводу нарушения целостности конструкций, недоборе расчетной скорости, превышении параметров акустической скрытности, различных инцидентов с корабельным оружием и комплексами вооружения, аварий на заводских испытательных стендах и т. п. Вот это была школа!».

Добрый, отзывчивый человек, тепло общавшийся со всеми, с кем сводили его жизнь и работа. Светлая память и его имя будут всегда с нами, согревая и вдохновляя....■



28 ноября 2013 г. на Санкт-Петербургском судостроительном предприятии ОАО «Адмиралтейские верфи» состоялся спуск на воду большой дизель-электрической подводной лодки проекта 636.3 «Новороссийск» для Военно-Морского Флота России.

«НОВОРОССИЙСК» - ДОЛГОЖДАННАЯ ПОДЛОДКА ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФЛОТА!

ОАО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 495 2544



**Президент «ОСК»
Владимир Шмаков**

«Это особый день для корабелов не только «Адмиралтейских верфей», но и всей судостроительной корпорации, – подчеркнул президент «ОСК» Владимир Шмаков, выступая на церемонии спуска корабля. – Впервые за два десятилетия со стапелей старейшей российской верфи сходит модернизированная дизель-электрическая подводная лодка 636-го проекта, которую очень ждали моряки Черноморского флота. Новые боевые корабли существенно повысят его потенциал, укрепят обороноспособность и безопасность южных морских рубежей нашей Родины. И я могу подчеркнуть, что адмиралтейцы, как всегда, с честью справились с этой важнейшей задачей».

Особую значимость строительства новой подводной лодки для Российского ВМФ отмечали все участни-



**Заместитель Главнокомандующего
ВМФ РФ Виктор Бурсук**

ки торжественной церемонии: строители, проектанты, представители заказчика и гости предприятия.

«Новая серия подводных лодок позволит одному из старейших флотов нашей страны – Черноморскому – получить долгожданную подводную составляющую. Мы много лет ждали этот корабль, и я уверен, что наши ожидания, оправдаются, – сказал заместитель Главнокомандующего ВМФ РФ Виктор Бурсук. – Это первая, но далеко не последняя подводная лодка для отечественного флота, в том числе и нового, более современного проекта, которые будут построены на «Адмиралтейских верфях» в ближайшие годы и позволят военно-морскому флоту обеспечить надежную защиту страны».

Подводная лодка «Новороссийск» была заложена на ОАО «Адмиралтейские верфи» в августе 2010 г. и ознаменовала собой начало реализации долгосрочного плана Министерства обороны России по восстановлению боевой готовности Черноморского флота и программы совершенствования дизель-электрических лодок для ВМФ России.

Подводные корабли пр. 636 относятся к третьему поколению дизель-электрических подводных лодок и являются модификацией подлодок пр. 877 и 877 ЭКМ, известных во всем мире благодаря своим высоким тактико-техническим характеристикам и получившим в НАТО классификацию «Kilo-class». По мнению, проектантов и строителей – это одна из самых удачных и удобных в модернизации серий. «Адмиралтейские верфи» являются безусловным лидером в строительстве субмарин такого класса и с 1983 г. успешно поставляют их на экспорт. Все лучшее, что было в этих кораблях, в пр. 636.3 удачно сочетается с новыми разработками проектантов.

О высоких технических характеристиках нового заказа рассказал главный конструктор неатомных подводных лодок ОАО «ЦКБ МТ «Рубин» Игорь Молчанов. Он отметил, что после принятия решения о строительстве лодок для ВМФ России перед конструкторами была поставлена задача в минимально возможные сроки на основе базово-

го проекта, получившего название «Черная дыра в океане», создать модификацию, которая в максимальной



**Главный конструктор НАПЛ
ОАО «ЦКБ МТ «Рубин»
Игорь Молчанов**

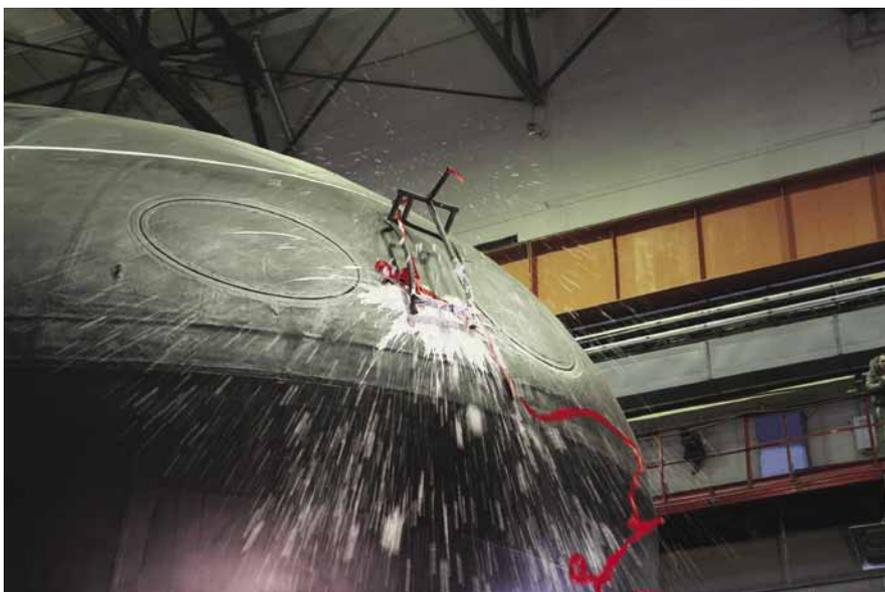
степени удовлетворяла бы требованиям флота. В результате появился пр. 636.3. На этом корабле установлен новый комплекс торпедоракетного вооружения, который в совокупности с другими системами позволил значительно повысить его боевую эффективность по сравнению с базовым проектом.

Внедрены более современный гидроакустический комплекс и комплекс радиоэлектронного вооружения, а также целый ряд новых систем и оборудования. В результате всех



**Генеральный директор
ОАО «Адмиралтейские верфи»
Александр Бузаков**

этих мероприятий удалось повысить показатели скрытности и живучести систем и подводной лодки в це-



лом, а также увеличить надежность и поисковый потенциал корабля. Оптимальное сочетание акустической скрытности и дальности обнаружения целей, наличие новейшего инерциального навигационного комплекса, современной автоматизированной информационно-управляющей системы, мощного быстродействующего торпедоракетного вооружения обеспечивают мировой приоритет кораблей этого класса в области неатомного подводного кораблестроения.

«Символично, что спуск подводной лодки «Новороссийск» открывает юбилейный, 310-й, год адмиралтейской истории, – подчеркнул генеральный директор ОАО «Адмиралтейские верфи» Александр Бузаков. – Заложенные в ноябре 1704 г. Петром I наши верфи всегда были полигоном для строительства кораблей нового типа, и сегодня мы с полным правом можем сказать, что предприятие успешно продолжает лучшие традиции отечественных корабелов».

Основные характеристики подводной лодки пр. 636

Количество торпедных 533-мм аппаратов, шт.	6
Суммарный боезапас ракет, торпед, мин, ед.	4, 18, 24
Надводное (нормальное) водоизмещение, т	2350
Длина, м	73,8
Ширина, м	9,9
Скорость полного подводного хода, уз	20
Дальность плавания, мили:	
– подводным эконо. ходом	400
– в режиме РДП с усиленным запасом топлива со скоростью 7 уз	7500
Предельная глубина погружения, м	3000
Автономность, сут.	45
Экипаж, чел.	52

Сегодня на головной подводной лодке, названной в честь города-героя Новороссийск, полным ходом идут достроечные работы. А строительство на «Адмиралтейских верфях» серии из шести кораблей, названных в честь городов, носящих почетное звание «Город воинской славы», продолжается. Летом будут спущены на воду подводные лодки «Ростов-на-Дону» и «Старый Оскол», готовятся к закладке еще три подводные лодки. ■



СУДОСТРОИТЕЛИ «СЕВЕРНОЙ ВЕРФИ» — ВМФ РОССИИ

Пресс-служба ОАО «СЗ «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 2985

В начале 2014 г. третий серийный корвет пр. 20380 «Стойкий», построенный на «Северной верфи» по заказу ВМФ РФ, вышел в Финский залив на первый этап заводских ходовых испытаний. На морских полигонах Ленинградской военно-морской базы экипаж корабля совместно с представителями промышленной команды в ходовых условиях проверит работоспособность систем и механизмов корвета на соответствие утвержденной спецификации, техническим описаниям, схемам и инструкциям по эксплуатации. Планируется, что после завершения всех заводских и государственных испытаний «Стойкий» войдет в боевой состав Балтийского флота ориентировочно в первой половине 2014 г.



Надо отметить, что с 2008 г. в состав ВМФ России уже вошли головной корвет «Стерегущий», первый и второй серийные корветы «Сообразительный» и «Бойкий».

Прошедший год можно смело записать в актив «Северной верфи» — одного из ведущих предприятий судостроительной отрасли современной России.

Специалистами завода было обеспечено значительное продвижение технической готовности всех находящихся в строительстве и достраивающихся на плаву заказов. Кроме этого, кораблестроители приступили к постройке трех новых кораблей. 25 июля в преддверии Дня Военно-Морского Флота прошла закладка первого серийного корвета модернизированного пр. 20385 «Проворный». 14 ноября к празднованию 101-й годовщины со дня основания предприятия была приурочена торжественная церемония закладки третьего серийного фрегата пр. 22350 «Адмирал Флота Советского Союза Исаков» и первого серийного среднего разведывательного

корабля пр. 18280 «Иван Хурс». Следует отметить, что в новейшей истории предприятия это третий случай, когда одновременно состоялась закладка сразу двух кораблей. А в конце 2013 г. было заложено судно тылового обеспечения с высоким ледовым классом ARC4 — первый серийный морской буксир «МБ-75» пр. 23120 для ВМФ РФ.

В середине мая 2013 г. состоялся подъем военно-морского флага на кор-

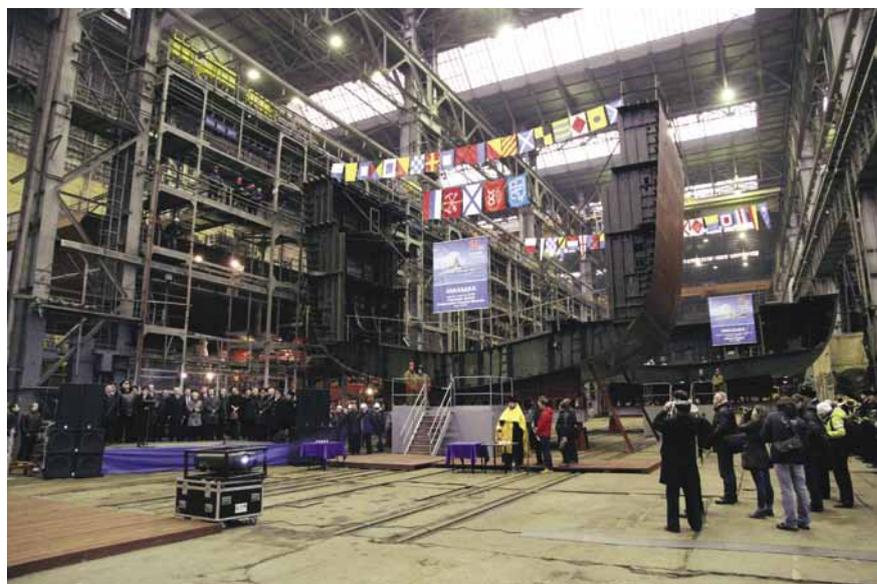
многих мероприятиях международного, всероссийского и регионального уровней. Так, с 3 по 7 июля в выставочном комплексе «Ленэкспо» прошел VI Международный военно-морской салон, являющийся одной из ведущих мировых выставок в области кораблестроения, морских вооружений и судостроения. ОАО Судостроительный завод «Северная верфь» традиционно представляет на нем новые корабли, построенные на нашем предприятии. В этом году Военно-Морской Флот России на МВМС был представлен корветом «Бойкий» пр. 20380.

В конференц-зале выставочного стенда «ОСК» 5 июля состоялся «круглый стол» по теме «Перспективные вопросы развития надводного кораблестроения». С докладом «Инновационное развитие мощностей ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» без остановки действующих производств» выступил главный инженер завода Юрий Николаевич Таратонов. На стенде «ОСК» «Северная верфь» представила модели корвета пр. 20382 «Тигр», фрегата пр. 22356, а также модели двух проектов судов снабжения морских буровых платформ VS 470 PSV и VS 485 PSV. По итогам работы Салона заводу «Северная верфь» присужден Почетный диплом лауреата МВМС–2013 за лучший выставочный экспонат и вручена медаль.

Благодаря производственным успехам, достигнутым в предыдущем году, руководство и судостроители «Север-

вете «Бойкий». 30 сентября этого же года был спущен на воду средний разведывательный корабль «Юрий Иванов».

За прошедший год представители завода приняли активное участие во





ной верфи» смотрят на будущее предприятия с оптимизмом. Портфель заказов полностью сформирован, и производственная загрузка предприятия обеспечена вплоть до 2020 г.

В целом у завода хорошие перспективы развития производственных мощностей. В наступившем году заводские службы «Северной верфи» приступят к реализации проекта «Плана

реконструкции и инновационного развития мощностей предприятия без останковки действующего производства». Данный проект получил поддержку и был одобрен федеральными министерствами и ведомствами, Правительством Санкт-Петербурга.

В планах судостроителей – передать в наступившем году ВМФ РФ три единицы боевых кораблей.

На текущий год запланировано проведение ремонтных работ на легендарном крейсере «Аврора». Согласно совместному решению командования ВМФ России, администрации Санкт-Петербурга и руководства Военно-морского музея ремонт крейсера будет проведен на «Северной верфи». Завод является единственным судостроительным предприятием Северо-Запада России, производственные мощности которого позволят провести весь комплекс запланированных в ремонтной ведомости работ.

В ноябре 2014 г. на «Северную верфь» для дооснащения и установки систем вооружения поступит десантный вертолетоносный корабль-док «Владивосток» типа «Mistral».

Принимая во внимание достижения минувшего года и планы на будущее, можно констатировать: для ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» наступивший год станет периодом серьезной работы над реализацией поставленных в рамках гособоронзаказа задач. А успешное претворение в жизнь намеченного позволит заводу выйти на новый уровень и укрепить ведущие позиции в отечественном судостроении. ■



Вступление в силу в апреле 2006 г. Общих правил МАКО по конструкции и прочности нефтеналивных судов с двойными бортами и Общих правил МАКО по конструкции и прочности навалочных судов Common Structural Rules (далее по тексту – Общие правила) стало началом нового этапа в истории проектирования и классификации судов. Стремление членом МАКО объединить опыт по надзору за проектированием, постройкой и эксплуатацией судов, способствовать полномасштабному внедрению в практику проектирования современных методов расчета позволили создать надежную нормативную базу для проектирования нефтеналивных и навалочных судов. Разработанные Общие правила были внедрены в неизменном виде в правила всех классификационных обществ [1, 2].

Одной из главных особенностей Общих правил является необходимость использовать по сути два независимых комплекта требований и два независимых программных комплекса в том случае, если пользователь выполняет проектирование таких элементов корпуса, которые в значительной степени идентичны у нефтеналивных и навалочных судов. Для устранения указанного противоречия МАКО создала проект по гармонизации требований Общих правил. Основная задача проекта – создание на основе существующих Общих правил единого комплекта требований, одинаково применимых как к конструкции нефтеналивных, так и навалочных судов. Требования к конструкциям, которые специфичны для того или иного типа судна (например, распорки в грузовых танках нефтеналивных судов или шпангоуты навалочных судов с одинарным бортом), следовало представить в виде отдельной главы Гармонизированных правил.

Разработка требований Гармонизированных правил – один из наиболее крупных и трудоемких проектов, реализованных МАКО. По официальной информации, непосредственная разработка требований выполнялась творческим коллективом из 69 человек, представителей 11 классификационных обществ, организованных в 11 проектных команд (Project Teams) [3]. Каждая проектная команда, возглавляемая руководителем проекта, гармонизировала определенную группу требований к конструкции и прочности корпуса. В задачи проектной команды входила подготовка не только текста Гармонизированных правил, но и соответствующей краткой пояснительной записки (технического обоснования, Technical Background) к каждому требованию, а при необходимости – более подробного научно-технического отчета. Под руководством Российского морского регистра судоходства работала

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ГАРМОНИЗИРОВАННЫХ ОБЩИХ ПРАВИЛ МАКО И РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*М. С. Бойко, канд. техн. наук, нач. отдела,
М. А. Кутейников, д-р техн. наук, нач. отдела,
ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,
В. Н. Тряскин, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 380 2027, 605 0521*

проектная команда № 5, которая гармонизировала требования к сварке судовых конструкций. Также Регистр принимал участие в работе проектной команды № 4, выполнявший гармонизацию требований к величине коррозионной надбавки для корпусных конструкций.

Подготовленный текст Гармонизированных правил, пояснительной записки и научно-технических отчетов после экспертизы в рабочих органах МАКО был размещен на официальном сайте МАКО: www.iacs.org.uk. Тесная связь между разработчиками Гармонизированных правил и потенциальными пользователями, которая обеспечивалась регулярным размещением и обновлением текста Гармонизированных правил на сайте МАКО и презентациями на встречах с представителями судостроительной промышленности, позволит обеспечить плавный переход от существующих Общих правил к Гармонизированным в момент вступления в силу последних, которое планируется 1 июля 2015 г. [3].

Требования Гармонизированных правил распространяются на нефтеналивные суда длиной от 150 м и на навалочные суда длиной от 90 м. Текст этих правил разделен на две части. Часть 1 (Part 1) содержит требования, одинаково применимые к нефтеналивным и навалочным судам. Часть 2 (Part 2) содержит требования к конструкциям, которые специфичны для одного или другого типа судна. Аналогично Общим правилам, размеры конструктивных элементов в Гармонизированных правилах определяются по результатам выполнения двух типов расчетов: проектировочного (prescriptive rules) и проверочного (design verification). В рамках настоящей статьи рассмотрим кратко наиболее существенные отличия требований Гармонизированных правил от требований существующих Общих правил.

При разработке Гармонизированных правил были пересмотрены методики определения расчетных нагрузок на корпус судна. На основе концепции эквивалентной расчетной волны (equivalent design wave) разработано семь динамических случаев нагрузки (dynamic load cases), каждый из которых соответствует максимальному значению одной из характеристик, определяющих величину расчетной волновой нагрузки (рис. 1). Например, обозначение HSM (head sea moment) соответствует такой величине встречной эквивалентной волны, которая приводит к максимальному (или минимальному) значению вертикального изгибающего момента на миделе. Обозначение BSR (beam sea roll) соответствует такому значению эквивалентной волны, направленной в борт судна, которая приводит к максимальному (или минимальному) значению перемещения при бортовой качке и т. п.

ческих случаев нагрузки (dynamic load cases), каждый из которых соответствует максимальному значению одной из характеристик, определяющих величину расчетной волновой нагрузки (рис. 1). Например, обозначение HSM (head sea moment) соответствует такой величине встречной эквивалентной волны, которая приводит к максимальному (или минимальному) значению вертикального изгибающего момента на миделе. Обозначение BSR (beam sea roll) соответствует такому значению эквивалентной волны, направленной в борт судна, которая приводит к максимальному (или минимальному) значению перемещения при бортовой качке и т. п.

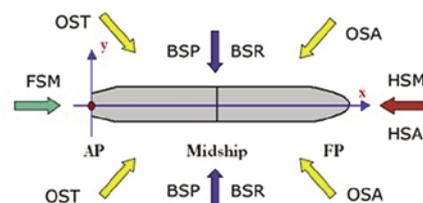


Рис. 1. Динамические случаи нагрузки и их символическое обозначение

Для верификации предложенного алгоритма были проведены расчеты волновых нагрузок на основе методов прямого расчета (direct calculations) для группы судов различных размеров, которая включает 22 навалочных судна и 27 нефтеналивных судов. Результаты расчетов систематизированы в соответствующем научно-техническом отчете. Обеспеченность экстремальных расчетных нагрузок в Гармонизированных правилах принята равной 10^{-8} , тогда как для расчетов усталостной долговечности обеспеченность расчетных нагрузок принята равной 10^{-2} , что отличается от обеспеченности 10^{-4} , принятой в существующих Общих правилах.

Рекомендации МАКО № 34 Standard Wave Data пересмотрены. Анализ данных натурных измерений ветроволновых условий в различных районах Мирового океана показал, что данные о повторяемости волнения, указанные в Рекомендации № 34, могут быть использованы для

выполнения расчетов волновых нагрузок.

Согласно Гармонизированным правилам, размеры конструктивных элементов должны отвечать требованиям к общей предельной прочности в поврежденном состоянии (Part 1, Chapter 5, Section 3). Характеристикой остаточной прочности корпуса судна при повреждении является остаточный предельный изгибающий момент. Данная характеристика рассчитывается по указанной в Гармонизированных правилах итерационной процедуре. При этом часть элементов корпуса, обеспечивающих общую продольную прочность и находящихся в зоне предполагаемого повреждения, исключаются из расчета эквивалентного бруса. Гармонизированные правила требуют учитывать два типа конструктивных повреждений: повреждение днища при посадке судна на мель и повреждение борта при столкновении (рис. 2). Данное требование распространяется только на суда длиной более 150 м.

Существенные изменения внесены

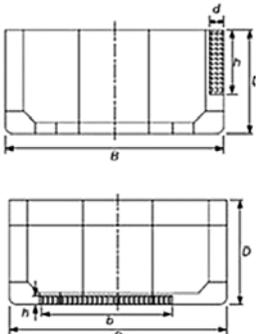


Рис. 2. Схема расчетного повреждения борта или днища

в требования к выполнению расчетов прочности и усталостной долговечности корпусных конструкций методом конечных элементов (МКЭ). В отличие от требований Общих правил, в Гармонизированных правилах линейный статический расчет прочности МКЭ необходимо выполнять по всей длине грузовой части судна (Part 1, Chapter 7). Выполнение данного требования обеспечивается созданием трех конечно-элементных моделей: трехотсечной модели средней части судна и двух ко-

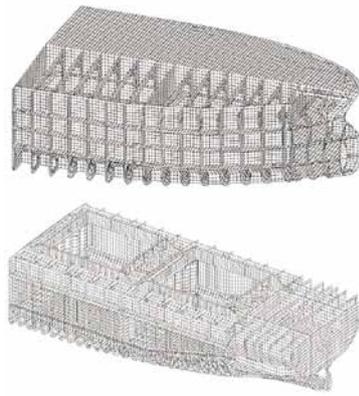


Рис. 3. Вид конечно-элементной модели носовой и кормовой оконечности

нечно-элементных моделей оконечностей корпуса судна, включающих кормовой и носовой грузовые трюмы (рис. 3).

Расширена номенклатура районов корпуса судна, где необходимо выполнять расчет усталостной долговечности с применением МКЭ (Part 1, Chapter 9). Расчет должен быть проведен для районов корпуса из списка, приведенного в тексте

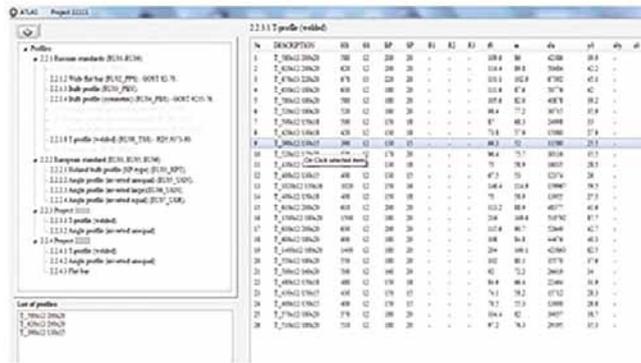
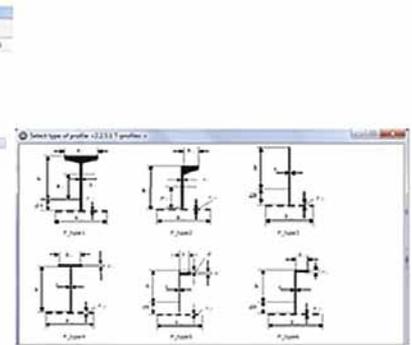


Рис. 4. Интерфейс подготовки базы данных по профилям балок набора

к жесткости корпусных конструкций (slenderness criteria), требований к устойчивости на этапе проектировочных расчетов (prescriptive buckling criteria), а также в результате проверки устойчивости подкрепленных панелей корпуса.

Применение требований Гармонизированных правил подразумевает использование специального программного обеспечения. В связи с тем, что требования этих правил одинаковы для всех классификационных обществ, результаты расчетов, выполняемых с использованием различного программного обеспечения, должны быть идентичны. Для того чтобы обеспечить равенство результатов, полученных по программам различных классификационных обществ, организована специальная проектная команда с участием всех классификационных обществ, в задачу которой входит выполнение тестовых сопоставительных расчетов для группы судов различных размерений. Отчет о работе проектной команды размещен на официальном сайте МАКО.

Разработка специального програм-



многочисленного обеспечения Регистра «ATLAS» проводится в настоящее время совместно со специалистами Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. В тестовой эксплуатации в Главном управлении Регистра находятся блоки создания базы основных данных по судну (главные размерения, таблица шпаций, отсеков, материалов и т.п.), а также несколько расчетных модулей. Разработанные модули позволяют обеспечить решение задач проверки общей

Регистра «ATLAS» проводится в настоящее время совместно со специалистами Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. В тестовой эксплуатации в Главном управлении Регистра находятся блоки создания базы основных данных по судну (главные размерения, таблица шпаций, отсеков, материалов и т.п.), а также несколько расчетных модулей. Разработанные модули позволяют обеспечить решение задач проверки общей

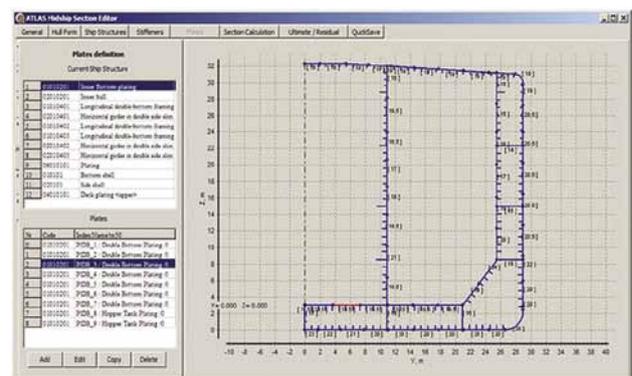
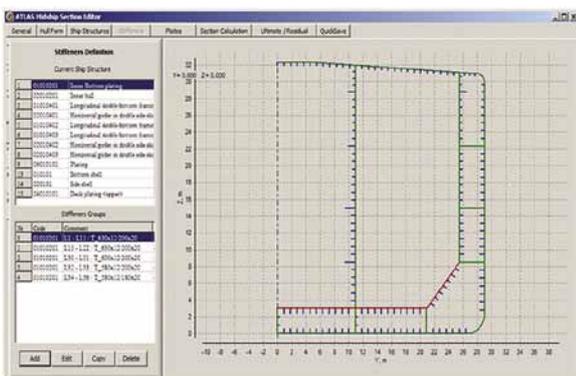


Рис. 5. Интерфейс подготовки базы данных по балочным и листовым элементам

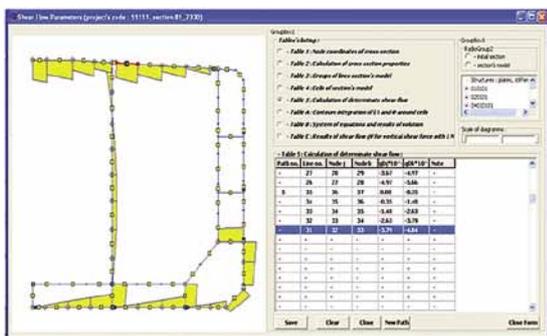


Рис. 6. Интерфейс блока расчета циркуляции касательных напряжений

прочности корпуса судна в средней части, в том числе общей предельной прочности в начальном и поврежденном состоянии. Разработан графический пользовательский интерфейс, который позволяет создавать базу данных по корпусу судна в удобном для конечного пользователя формате. На рис. 4 приведен вид рабочих окон для создания базы данных о профилях балок набора (сортамент проекта).

Разработан многофункциональный редактор поперечного сечения, который позволяет создать базу данных о конструкции поперечного сечения корпуса судна, необходимую для выполнения расчетов общей прочности в соответствии с тре-

бованиями Гармонизированных правил. На рис. 5 приведен вид редактора поперечного сечения и соответствующие интерфейсы подготовки базы данных по балочным и листовым элементам. Разработанные модули позволяют выполнять, в том числе, расчет циркуляции касательных напряжений по контуру сечения (рис. 6) и расчет предельной прочности в поврежденном состоянии (рис. 7).

Выполнены тестовые расчеты работоспособности программного обеспечения. Показано, что результаты расчета для тестовых судов совпадают с результатами, полученными другими обществами – членами МАКО в рамках ра-

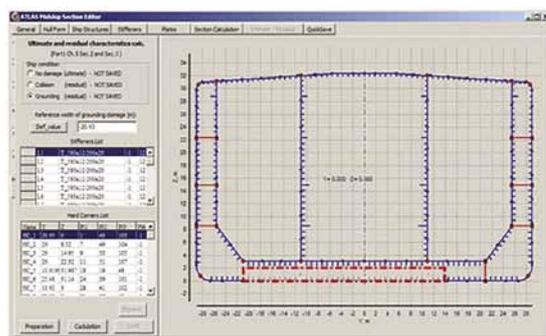


Рис. 7. Интерфейс подготовки базы данных для расчета предельной прочности в поврежденном состоянии

боты специальной проектной команды.

Планируется дальнейшее развитие программного обеспечения в части автоматизации подготовки базы данных для расчетов местной прочности и устойчивости, а также расчетов усталостной долговечности и подготовки базы данных для расчетов МКЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. – Ч. XVIII. – Российский морской регистр судоходства, 2013.
2. Правила классификации и постройки морских судов. – Ч. XIX. – Российский морской регистр судоходства, 2013.
3. Материалы сайта www.iaacs.org.uk ■

Генеральный директор Российского морского регистра судоходства С. Н. Седов удостоен особой награды Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга – патента «Петровский корабель». Торжественная церемония награждения состоялась 15 января 2014 г. в Санкт-Петербурге на Адмиралтейской набережной у памятника «Царь-плотник». В мероприятии приняли участие контр-адмирал, начальник Корпуса

ВРУЧЕНИЕ С.Н. СЕДОВУ ПАТЕНТА «ПЕТРОВСКИЙ КОРАБЕЛЬ»

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»

полонов, консул Королевства Нидерландов в Санкт-Петербурге Йеннес де Мол, представители судостроительных предприятий, профильных учебных вузов и общественных организаций.

плотника – первого в России сертификата о морском образовании. По сложившейся традиции в этот зимний день лучшим представителям Морской отрасли вручаются такие патенты и плотницкие топоры в скрипичных футлярах, символизирующие виртуозное владение мастерством корабелов и признание заслуг в области отечественного судостроения и судоходства. Она отметила, что такие примеры продолжения традиций, заложенных Петром I, позволяют воспитывать новые поколения корабелов, способных составить будущее Российского флота.

Справка:

Первый в России сертификат о морском образовании – патент корабельного плотника – Петр I получил 15 января 1698 г. в голландском городе Заандам. В честь этого события в Петербурге на Адмиралтейской набережной в 1910 г. был открыт памятник Петру Первому работы Леопольда Бернштама, известный как «Царь-плотник». Копия скульптуры была подарена Голландии и установлена в 1911 г. на главной площади города Заандама. В советское время скульптура была уничтожена (январь 1919 г.). 7 сентября 1996 г., к 300-летию Российского флота, при поддержке консульства Королевства Нидерландов этот памятник был вновь установлен на Адмиралтейской набережной. ■



Петра Великого – Санкт-Петербургского военно-морского института Н. В. Марьясов, и.о. ректора Санкт-Петербургского государственного морского технического университета Е. М. Ап-

Ответственный секретарь Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова рассказала, что ежегодный митинг приурочен ко дню вручения Петру I патента корабельного

Изоляционные работы в российском судостроении связаны с большой трудоемкостью и низкой производительностью труда. Наиболее трудоемким процессом являются раскрой и монтаж изоляции по набору (полособульбы, тавры и т.п.).

Раскрой и подгонка изоляции выполняются вручную, и в большой степени производительность работ зависит от квалификации исполнителя. К примеру, для изоляции набора типа полособульб, противопожарной изоляции типа Rockwool sea rox sl 620 alu толщиной 50 мм необходимо раскроить четыре элемента, при этом требования к подгонке изоляции и размерам стыков достаточно высоки и в зависимости от проекта стыки не должны превышать 3 мм.

Необходимо учитывать, что раскрой изоляции происходит вручную на месте проведения работ и зависит от точности выполненных измерений и квалификации исполнителя.

Далее приведен расчет трудоемкости процесса по раскрою и монтажу 1 м. пог. противопожарной изоляции Rockwool sea rox sl 620 alu толщиной 50 мм на полособульб № 20.

Этапы работы приведены ниже:

Наименование работ	Трудоемкость работ
Измерение набора.....	0,034 чел-ч/м.пог.
Резка элементов для изоляции набора.....	0,170 чел-ч/м.пог.
Примерка элементов набора по месту.....	0,085 чел-ч/м.пог.
Подгонка элементов набора по месту.....	0,017 чел-ч/м.пог.
Монтаж элементов набора.....	0,051 чел-ч/м.пог.
Оклейка стыковочных швов.....	0,085 чел-ч/м.пог.
Итого.....	0,442 чел-ч/м.пог.

Для повышения технологичности и производительности работ по изоляции существует специализированная технология производства типовых изоляционных узлов для изоляции набора.

Типы формованной изоляции схематично показаны на рис. 1 и 2.

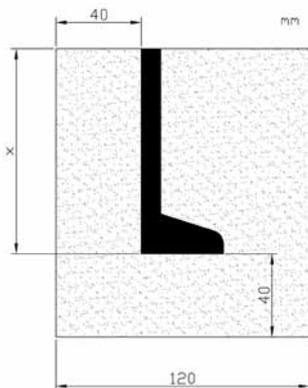


Рис. 1. Формованная изоляция (один элемент, полособульб)

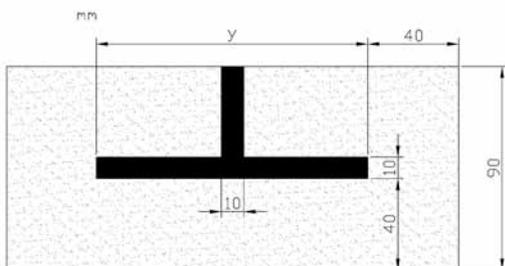


Рис. 2. Формованная изоляция (три элемента, тавр)

ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВОГО ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА КОРПУСНОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ УЗЛОВ ДЛЯ НАБОРА В СУДОСТРОЕНИИ

А.Г. Филимонов, ген. директор ООО «Мюльхан Морфлот»

Далее приведен расчет трудоемкости процесса изоляции идентичного набора полособульба № 20 длиной 1 м.пог. формованной изоляцией Rockwool sea rox sl 620 alu.

Работа состоит из следующих этапов:

Наименование работ	Трудоемкость работ
Монтаж узла.....	0,034 чел-ч/м.пог.
Оклейка стыковочных швов.....	0,017 чел-ч/м.пог.
Итого.....	0,051 чел-ч/м.пог.

При монтаже формованной изоляции такие операции, как измерение набора, резка элементов набора, примерка элементов набора по месту, подгонка элементов набора по месту, не применяются, так как формованная изоляция в точности повторяет профиль набора и не требует никаких операций по подгонке по месту.

Производительность труда по оклейке стыков изоляции в 5 раз выше, чем при стандартном методе, так как оклеивать необходимо только монтажный стык между узлами, а в связи с тем что длина узлов может составлять до 3 м.пог. количество стыков изоляции снижается в 10 раз по сравнению с монтажом изоляции стандартным методом (рис. 3–8).

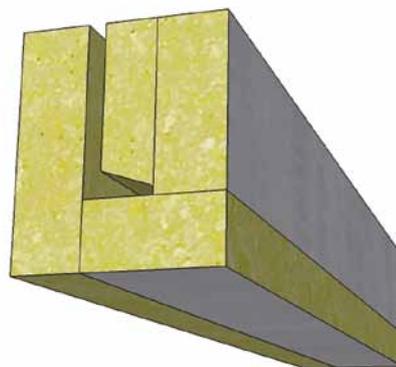


Рис. 3. Элементы для изоляции набора полособульб

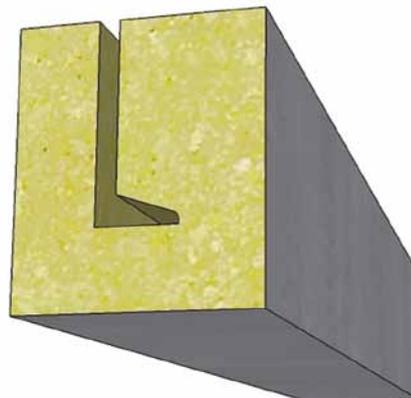


Рис. 4. Формованная изоляция для набора полособульб

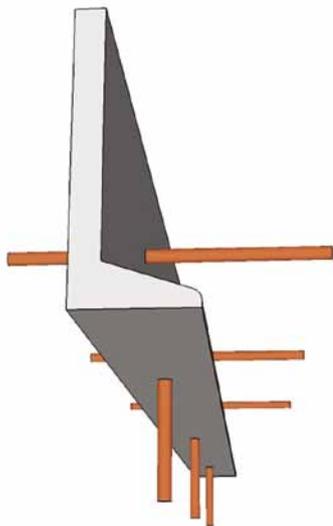


Рис. 5. Установка шпилек для стандартного способа изоляции набора

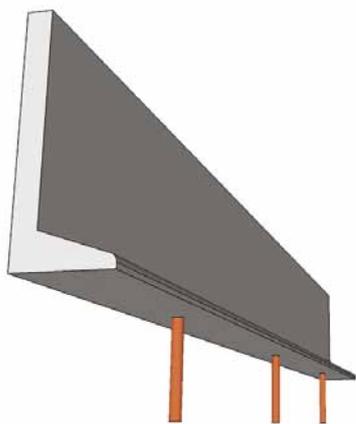


Рис. 6. Установка шпилек для формованной изоляции

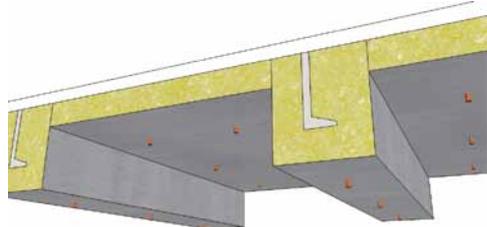


Рис. 7. Элемент набора по подволоку с применением формованной изоляции набора

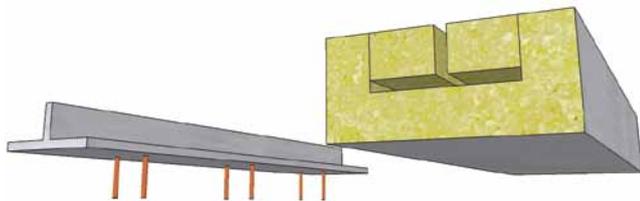


Рис. 8. Установка шпилек и вид формованной изоляции тавра

Также важным является вопрос относительно количества используемых шпилек, крепежных шайб и декоративных колпачков. Для крепежа формованной изоляции требуется в три раза меньше крепежа, следовательно, происходит экономия на материале и уменьшение трудоемкости работ по монтажу шпилек.

Сравнив два способа изоляции набора (рис. 9), очевидны следующие преимущества использования формованной изоляции:

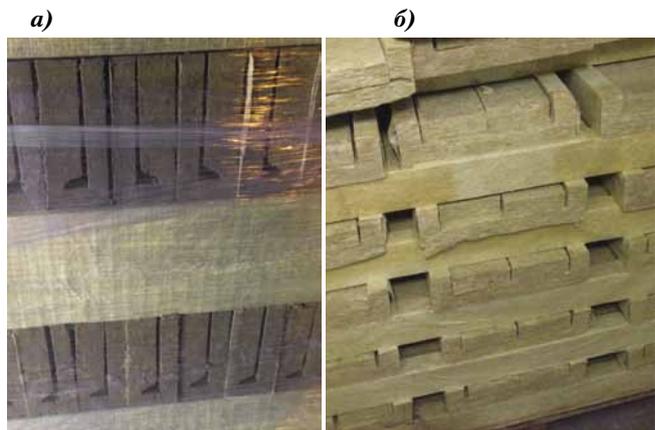


Рис. 9. Формованная изоляция: а – один элемент, полосульб; б – три элемента, тавр

- производительность труда работ увеличивается в 8,7 раза;
- технологические потери изоляционного материала снижаются в 5 раз;
- количество монтажных шпилек, крепежных шайб и декоративных колпачков для изоляции набора снижается в 3 раза;
- трудоемкость работ по монтажу крепежных шпилек по набору снижается в 3 раза;
- количество используемого алюминиевого скотча снижается в 5 раз;
- за счет монолитности конструкции и меньшего количества монтажных стыков огнестойкость изоляции повышается. (см. таблицу).

Таблица

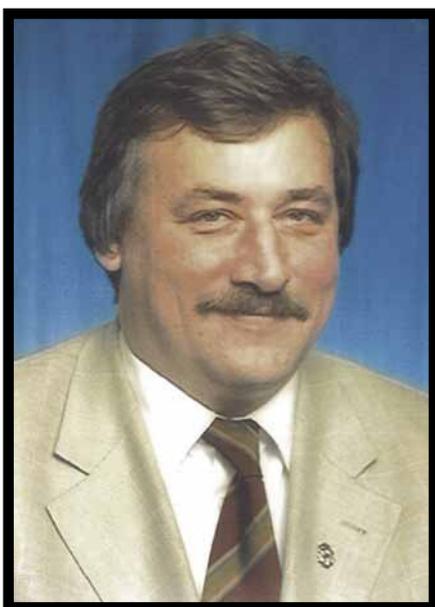
Сравнительный экономический расчет двух способов изоляции набора 1 м.пог.

Наименование работ	Стоимость 1 ед.	Стандартный метод изоляции набора		Изоляция набора с применением формованной изоляции	
		Кол-во	Стоимость	Кол-во	Стоимость
Работы по установке изоляции	801,2 руб./чел-ч	0,442 чел-ч	354,13 руб.	0,051 чел-ч.	40,86 руб.
Изоляционный материал Rockwool sea gox sl 620 alu 50 мм	567,22 руб./м ² плита; 668,25 руб./м. пог., типовой узел	0,9 м ²	510,50 руб.	1 м.пог.	668,25 руб.
Крепежные шпильки	4,06 руб./шт.	9 шт.	37,44 руб.	3 шт.	12,48 руб.
Крепежные шайбы с декоративным колпачком	12,18 руб./шт.	9 шт.	109,62 руб.	3 шт.	36,54 руб.
Алюминиевый скотч	11,8 руб./м ²	5 м.пог.	59 руб.	1 м.пог.	11,8 руб.
Итого			1070,69 руб.		769,93 руб.

Таким образом, применение метода изоляции набора формованной изоляцией позволяет снизить затраты более чем на 28 % по сравнению со стандартным способом.

Компания «Мюльхан АГ» использует формованную изоляцию при изоляции объектов в судостроении. Полученный опыт позволяет утверждать, что помимо технологичности и экономической эффективности применение формованной изоляции способствует значительному сокращению времени работы, т.е. их выполнению в сжатые сроки. Компания «Мюльхан АГ» предлагает проектантам и заказчикам внедрить эту передовую технологию на отечественных судостроительных предприятиях. ■

ПАМЯТИ ТОВАРИЩА



11 января 2014 г. ушел из жизни замечательный человек, доктор технических наук, заслуженный инженер России Григорий Дмитриевич Филимонов.

Родился Григорий Дмитриевич в Ленинграде 24 декабря 1956 г. После окончания школы поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, который окончил в 1981 г. Свою трудовую деятельность начал в качестве мастера на Канонерском судоремонтном заводе Балтийского морского пароходства. Пройдя здесь путь от старшего мастера сборочно-сварочного участка, начальника лаборатории сварки до инженера-технолога первой категории, был приглашен на работу в Регистр СССР, где в качестве старшего инженера-инспектора осуществлял надзорную и классификационную деятельность за строительством, ремонтом и эксплуатацией флота. С 1986 по 1989 г. работал в промышленно-транспортном отделе Кировского райкома КПСС и в отделе городского хозяйства и транспорта горкома КПСС Ленинграда, курируя предприятия транспорта и внешней торговли. С 1989 г. генеральный директор совместного предприятия «Балтик-Мюльхан Ленинград». Возглавлял временную дирекцию по строительству транспортно-технологического комплекса портов на Балтике, был генеральным директором Калининградского пароходства «Еврошипинг», заместителем председателя Совета директоров, президентом Балтийского морского пароходства, членом Совета директоров ряда зарубежных компаний с участием пароходств

Греции, Германии, Великобритании, Финляндии, Швеции.

Последние годы Г. Д. Филимонов возглавлял концерн «Морфлот», деятельность которого направлена на восстановление инфраструктуры водного транспорта и привлечение инвестиций в промышленность и транспорт. Он был инициатором модернизации цехов по очистке и окраске судов и кораблей в судостроительной и судоремонтной отраслях России с доведением их до мирового уровня.

Г. Д. Филимонов являлся действительным членом Санкт-Петербургской инженерной академии, членом-корреспондентом Российской инженерной академии, действительным членом Международной инженерной академии, членом-корреспондентом Санкт-Петербургской академии истории наук и техники, а также членом «Маркетинг-клуба» Санкт-Петербурга.

Григорий Дмитриевич был одним из самых грамотных специалистов-организаторов по очистке и окраске судов и кораблей в судостроении и судоремонте. В 2001 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в 2009 г. — докторскую. Темы диссертаций связаны с внедрением мирового опыта очистки и окраски судов и кораблей в отечественную промышленность с целью ее модернизации.

Он — автор многочисленных научных статей и работ, таких как: «С коррозией надо бороться даже в космосе»; «Современное состояние борьбы с коррозией»; «Новые российско-германские инициативы в области транспорта»; «Новая технология подготовки поверхностей для судостроения и судоремонта»; «Экспертная оценка морской составляющей перспективы экспорта нефти и нефтепродуктов из порта Приморск на Северо-Западную Европу через порты Росток и Роттердам»; «Программа строительства вспомогательных и портовых ледоколов для обеспечения транспортных перевозок в замерзающих портах РФ»; «Обоснование экономической эффективности эксплуатации железнодорожного паромы Усть-Луга — Калининград»; «Инновационный анализ морского промышленного транспортного комплекса (судостроение, транспортные системы)»; «Критерии

эффективности и функционирования морского промышленно-транспортного комплекса», «Технико-экономические показатели инноваций в развитие технологической подготовки производств судостроительной верфи», «Разработка научно-технических и организационных основ повышения уровня судостроительного производства» и др.

При непосредственном участии Г. Д. Филимонова были построены и отремонтированы десятки судов и кораблей. За эти годы, будучи профессионалом высочайшего уровня, он воспитал много специалистов и организаторов производства.

Много внимания он уделял своей семье, воспитанию двух сыновей, которые пошли по его стопам и продолжили работу в судостроении.

За вклад в развитие технологии судостроения в 1996 г. награжден юбилейной медалью «300 лет Российскому флоту», в 2001 г. ему присвоено звание «Заслуженный инженер России».

В молодые годы Г. Д. Филимонов принимал участие в организации и работе студенческих отрядов ЛКИ на Севере и Дальнем Востоке, увлекался игрой в баскетбол, участвовал в студенческом театре «Темп», в музыкальном коллективе политической песни «Pro et Contra».

Участвовал в общественно-политической жизни города, оказывал помощь спортивным организациям. В 1990 г. участвовал в основании Федерации керлинга, содействовал появлению этого вида спорта в России и в мировом Олимпийском движении.

Григория Дмитриевича отличали оптимизм, чуткое отношение к людям, доброта, светлый ум, житейская мудрость, потребность делать дело хорошо и справедливо. Эти качества снискали ему любовь и уважение коллег, товарищей, подчиненных, всех, кто его знал.

Светлая память о Григории Дмитриевиче Филимонове навсегда сохранится в сердцах членов его семьи и близких, товарищей, коллег и партнеров. ■

*Коллективы
ЗАО «Концерн Морфлот»,
ООО «Мюльхан Морфлот»,
ООО «Морфлот-технология»*

Постановка проблемы. Перевозка пассажиров на местных речных линиях осуществляется на морально и физически устаревших судах, в том числе слабо приспособленных к перевозке пассажиров или вообще не отвечающих требованиям к конкретным перевозкам, в частности, не имеющих подкреплений для работы в условиях замерзания реки Северная Двина.

Как видно из широкого общественного обсуждения и решений муниципальных властей, имеющийся в настоящее время флот пассажирских судов всех типов и назначений на островных территориях города Архангельска в дельте р. Северная Двина не обеспечивает потребностей населения, особенно в период льдообразования и ледохода. Связано это с отсутствием судов ледового класса.

Проблема экономической неэффективности пассажирских перевозок может быть решена не только их дотированием, но и поиском путей снижения затрат и повышения доходности на проектном уровне, однако профессиональных публикаций о создании судов для Архангельска и области до сих пор не было.

Таким образом, проблема создания пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Северной Двины представляется актуальной и важной для воднотранспортной отрасли России.

Целью статьи является определение требований к новым речным пассажирским и грузопассажирским судам на основании анализа состояния пассажирских перевозок на островных территориях Архангельска в дельте р. Северная Двина, существующего флота пассажирских и грузопассажирских судов, эксплуатирующихся на местных линиях в северных регионах Российской Федерации; эксплуатационных условий в предполагаемых районах работы новых судов.

На внутренних водных путях Архангельской области работает около 50 переправ и около 20 транспортных операторов, только по Архангельску перевозящих до 1,2 млн. пассажиров в год.

Из основных перевозчиков пассажиров на речном транспорте Архангельска и Архангельской области можно выделить следующие компании: ОАО «Архангельский речной порт»; ОАО «Северное речное пароходство»; МУП «Флора-Дизайн»; ООО «Верхнетоемское дорожное управление»; ООО «ЛЗП Концецгорский» (входит в состав ООО «Управляющая компания «Соломбалалес»).

Сведения об объемах пассажирских перевозок на внутреннем водном транспорте региона за 2011–2012 г. представлены в табл. 1.

Таблица 1
Сведения о пассажирских перевозках на внутреннем водном транспорте в Архангельской области, число пассажиров

Предприятие	Отправлено пассажиров во всех видах сообщения		
	2011	2012	% измен.
ОАО «Архангельский речной порт»	840 230	1 103 161	131,3
МУП «Флора-Дизайн»	27 981	24 150	86,3
ОАО «Северное речное пароходство»	12 880	11 349	88,1
ООО «Верхнетоемское дорожное управление»	11 980	45 910	383,2
ООО «ЛЗП Концецгорский»	6 620	40 099	605,7

Источник: ЗАО «ЦНИИМФ»

ПРЕДПОСЫЛКИ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ СУДОВ ДЛЯ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

Г. В. Егоров, д-р техн. наук, ген. директор,

В. И. Тюнюк, технический директор,

А. Г. Егоров, мл. науч. сотрудник, ЗАО «Морское Инженерное Бюро»,
контакт. тел. (812) 232 8538

Основные речные пассажирские и грузопассажирские линии Архангельской области:

- Архангельск – Чубола;
- Архангельск – Тойватово;
- Архангельск – У.Пинега – Пукшеньга;
- Архангельск – Житовая Кошка – Кегостров;
- Архангельск – о. Кего;
- Соломбала – Хабарка – Выселки – Пустошь;
- Соломбала – Маймаксанский лесной порт – Лесозавод №14;
- Лесозавод №22 – Лесозавод №23 – Лесозавод №24;
- Кузнечевский лесозавод – район «Экономия» – Реушеньга – Лапоминка;
- Березник – Осиново (Виноградовский район);
- Матера – Ухтоострово, Двинской – Ныкола, Копачево – Ичково, Холмогоры – Ломоносово (Холмогорский район);
- Переправа Верхняя Тойма (Верхнетоемский район).

Перевозки по Архангельску. На рис. 1 схематично представлены основные городские речные переправы города Архангельска. ОАО «Архангельский речной порт» перевозит 90% пассажиров [16].

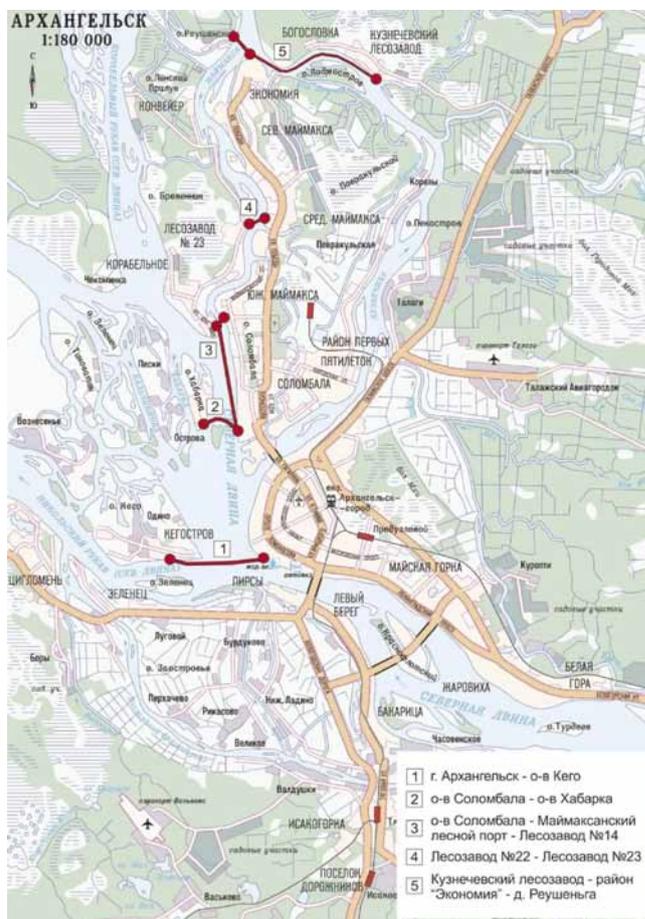


Рис. 1. Внутригородские островные пассажирские речные линии г. Архангельска

Источник: ЗАО «ЦНИИМФ»

Следует обратить внимание на внутригородские островные пассажирские речные линии, так как именно с наличием многочисленных островов на Северной Двине и отсутствие, как правило, мостов, связывающих эти острова с остальной частью города и друг с другом, связана особая роль водного транспорта в перевозках жителей Архангельска. Более 20 тыс. жителей города Архангельска и Приморского муниципального района, проживающих на островах дельты р. Северная Двина, нуждаются в постоянных речных внутригородских и пригородных перевозках. Речные перевозки в Архангельске очень востребованы жителями, поскольку с некоторыми островными частями города это единственный путь сообщения в летний период [6]. Муниципалитет выделяет более 42 млн. руб. в год на дотирование пассажирских перевозок по реке [16].

В период летней навигации внутригородские островные пассажирские речные линии обслуживаются речными теплоходами ОАО «Архангельский речной порт».

Летом режим работы на линии Архангельск – о. Кего 12 раз в день с 06.50 по 22.30 (по Архангельску); линии о. Соломбала – о. Хабарка – Выселки – Пустошь – 12 раз в день с 06.30 по 22.30 (по Соломбале); линии о. Соломбала – Маймаксанский лесной порт – Лесозавод №14с 06.20 по 22.00 (по Соломбале); линии Лесозавод №22 – Лесозавод №23 – Лесозавод №24 – 17 раз в день с 06.00 по 22.10 (по Лесозаводу №23); линии Кузнечевский лесозавод – район «Экономия» – дер. Реушеньга – Лапоминка с 06.30 по 20.30.

По данным Агентства по транспорту Архангельской области, ежегодный объем перевозок пассажиров на линии «Маймаксанский лесной порт – Лесозавод №14» составляет порядка 260 тыс. чел. в год.

В соответствии с действующим расписанием на паромной переправе «Лесозавод №14 – Маймаксанский лесной порт» судно начинает курсировать с 6.00, а в 22.40 осуществляет последнее отправление от лесозавода №14. Периодичность рейсов в среднем – 1 раз в час. Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 15 мин.

Из-за необходимости перевозки большого количества людей пассажироместимость парома для этой линии должна составлять около 200 чел., к которым Агентства по транспорту Архангельской области добавляет перевозку двух грузовых автомобилей типа «Камаз».

Ежегодный объем перевозки пассажиров на линии «Архангельск – о. Кего» составляет также около 260 тыс. чел. На Кегострове в настоящее время проживает более 2300 чел. В течение дня судно осуществляет 12 круговых рейсов. При этом первые три рейса с о. Кего и последние три рейса из Архангельска имеют загрузку около 100%. В дневное время загрузка судна в обоих направлениях не превышает 30–40%.

Из-за необходимости перевозки большого количества людей пассажироместимость судна для этой линии должна составлять около 250 чел.

В период льдообразования и ледохода (осенью от месяца до трех и весной три-четыре недели) обстановка становится просто катастрофической, так как перевозка пассажиров с 70-х гг. прошлого столетия обеспечивается буксирами (пассажирских судов с требуемой ледовой категорией в наличии нет), имеющими достаточную для работы в ледовых условиях категорию, ледопробиваемость и прочность корпуса. Буксиры перевозят жителей до момента появления устойчивого прочного ледового покрова на реке.

Такие перевозки осуществляются с нарушением «Правил оказания услуг по перевозке пассажиров, багажа, грузов для личных (бытовых) нужд на внутреннем водном транспорте», утвержденных постановлением №72 Правительства РФ от 6 февраля 2003 г. и требований правил Российского Речного Регистра (РРР), на борту буксира часто размещают до 100 пассажиров [17].

В период ледохода на обслуживание внутригородских островных пассажирских переправ привлекаются буксиры ОАО «Архангельский морской торговый порт» и ООО «Экотэк-Бункер».

Согласно данных сайта [16], линия «Архангельск – о. Кего» имеет два расписания: на будние и выходные дни. Буксир начинает курсировать с 6.00 (отправление с о. Кего), а в 22.40 осуществляет последнее отправление из города Архангельск. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Самый большой промежуток между отправлениями составляет 3 часа с 11.00 до 14.00 (относительно о. Кего). Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 40 минут.

Линия «о. Соломбала – о. Хабарка» также имеет 2 расписания на выходные и на будние дни. Буксир начинает курсировать с 6.00 (отправление с о. Хабарка), а в 22.40 осуществляет последнее отправление с о. Соломбала. Периодичность рейсов в среднем – 1 раз в час. Самый большой промежуток между отправлениями составляет три часа с 10.00 до 13.00 (относительно о. Хабарка). Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 30 минут.

На линии «Лесозавод №14 – Маймаксанский лесной порт» буксир начинает курсировать с 6.00 (отправление из лесного порта), а в 22.40 осуществляет последнее отправление от лесозавода №14. Периодичность рейсов в среднем – 1 раз в час. Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 15 минут.

На линии «Лесозавод №22 – Лесозавод №23» буксир начинает курсировать с 6.00 (отправление от лесозавода №23), а в 23.00 осуществляет последнее отправление от лесозавода №22. Периодичность рейсов в среднем – 1 раз в час. Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 30 минут.

На линии «район «Экономия» – деревня Реушеньга» согласно расписанию осуществляются 5 рейсов: на Реушеньгу в 6.50, 8.30, 12.30, 16.30, и в 18.00, на Экономию через 20 минут после отправления из Реушеньги.

Как отмечается в [16], в «час пик» буксиры делают дополнительные рейсы по мере накопления пассажиров на причалах. Кроме перевозки горожан, буксиры выполняют функции дежурного судна, оставаясь в ночное время на островах для срочной доставки больных, решения задач МВД и МЧС, обеспечения срочной доставки продуктов и медикаментов для населения островов.

В период ледохода и ледостава перевозка горожан осуществляется бесплатно (например, в 2011 г. буксирами было перевезено 170 тыс. чел, более 5 тысяч горожан в сутки) [16].

Проблемы есть даже тогда, когда ледоход прекратится.

С одной стороны, каждую зиму создаются пешеходные и транспортные ледовые переправы (см. пример в табл. 2), а с другой – грузовые суда, заходящие в порт, разрушают ледовый покров на р. Северная Двина, создают ледовые каналы и торосы, мешают наведению пешеходных переправ через реку.

Наконец, в 2012 г. Северная Двина не замерзала до декабря, а ледовые транспортные и пешеходные переправы были открыты только в третью декаду января, при этом из-за льдообразования пришлось перевозить пассажиров 2,5 месяца буксирами.

Анализ общих внешних факторов, влияющих на пассажирские и грузовые перевозки по рекам на местных линиях, показал, что основной проблемой данного вида перевозок является их дотационность и зависимость от местных бюджетов. Без соответствующего финансирования такие перевозки просто исчезнут. Необходимость таких перевозок заключается в том, что для многих линий нет альтернатив и добраться из пункта А в пункт Б можно только по реке (или в ряде случаев обезьяная по суше значительно большее расстояние и затрачивая при этом значительно больше времени).

Таблица 2
Перечень пешеходных и транспортных ледовых переправ на территории муниципального образования «Город Архангельск» в зимний период 2012–2013 гг.

Наименование переправы	Орган (организация), обеспечивающий оборудование и эксплуатацию
Пешеходные переправы	
О. Кегостров – Пур-Наволоч	Администрация Октябрьского территориального округа мэрии города
О. Хабарка – ОАО «СМЗ»	Администрация Соломбальского территориального округа мэрии города
МЛП (о.Бревенник) – лесозавод №14	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Лесозавод №22 – лесозавод №23	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Лесозавод №24 – лесозавод №26	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Лесозавод №29 – порт Экономия	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Д. Реушеньга – порт Экономия	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Транспортные переправы	
Лесозавод №14 – МЛП (о.Бревенник)	ООО «Транспорт»
Лесной порт (о. Бревенник) – о. Хабарка	Управление дорог и мостов департамента городского хозяйства мэрии города

Источник: [16]

Особенность именно Архангельска в том, что нет других речных судов, способных обеспечить транспортное сообщение с островными территориями в период ледостава, кроме буксиров ледокольного класса, поэтому создание пассажирского (на 250 пассажиров) и грузопассажирского (на 200 пассажиров и два грузовых автопоезда) судов, способных работать в таких условиях (с ледовой категорией «Лед 40» и с относительно большой осадкой – до 2,40 м) является важной и актуальной задачей.

Речные переправы Архангельской области в верховьях Северной Двины. Всего в верховьях Северной Двины действует около 50 речных переправ.

Как отмечается в [18], суда, работающие на переправах, физически и морально устарели, что либо приводит к отсутствию коммуникаций вообще, либо к нарушениям, что, в свою очередь, небезопасно. В среднем в Архангельском регионе на воде, по разным причинам, гибнут по 470–500 чел. в год!

Переправа Березник – Осиново (Виноградовский район). Работает летом семь раз в день с 07.15 по 19.00 (по Березникам) [8]. В сельском населенном пункте Осиново постоянно проживает 1414 чел., в летний период население удваивается за счет приезжих [9].

На переправе Березник–Осиново работал паром «СП-17». Грузоподъемность судна – 60 т, вместимость – 77 чел. Паром был построен в 1979 г. За 30 лет эксплуатации судна его капитальный ремонт ни разу не производился. Предварительная сметная стоимость ремонта составляет 14,5 млн. руб. В 2012 г. после очередного освидетельствования муниципального парома РРР запретил эксплуатацию судна. В результате весной 2013 г. отрезанными от «Большой земли» оказались около полутора тысяч жителей поселка Осиново. Было прекращено пассажирское и продовольственное сообщение островных поселений с материком» [10].

Переправа Матера – Ухтоострово (Холмогорский район). Муниципальное образование «Ухтоостровское», где численность населения в летний период достигает 2 тыс. человек, находится на севере Холмогорского района, на правом берегу р. Северная Двина и островах Холмогорского разветвления. Матера – хутор в этом же районе.

На переправе последовательно использовались несколько маломерных судов с баржами, которые также последовательно получали запрещение к эксплуатации, что в свою очередь приводило к полному прекращению коммуникаций с Ухто-

острову. Сейчас на этом маршруте работает пассажирский теплоход «Москва – 36» ОАО «Архангельский речной порт» [11].

Переправа Копачево – Ичково (Холмогорский район). В деревне Копачево проживает 233 человека, в Ичково и в близлежащих деревнях сегодня проживает около 1000 чел. Постоянно действующей переправы нет. На переправе работает катер местного сельхозпредприятия, который не может обеспечить стабильную перевозку жителей правобережья [12].

Поэтому в 2012 г. была утверждена долгосрочная целевая муниципальная программа «Развитие общественного пассажирского транспорта Холмогорского района на 2013–2016 гг.». Программой предусматривается, в том числе, и приобретение речного судна для переправы Копачево – Ичково в 2015 г. [13].

Переправа Двинской - Ныкола (Холмогорский район). Поселок Двинской (2915 человек жителей) расположен на правом берегу р. Северная Двина в Архангельской области. Расстояние от Двинского до Котласа 170 км, до Архангельска 470 км. Посёлок является административным центром Двинского сельского поселения в Верхнетоемском районе. Он находится в 12 км южнее районного центра – села Верхняя Тойма. Деревня Ныкола расположена на левом берегу р. Северная Двина.

На переправе работают поочередно два судна типа Т-63 вместимостью по 12 человек мощностью 150 л.с. (в период ледостава одновременно) и баржа грузоподъемностью 60 т. Расписание: время отправления с правого берега ежедневно 6.00, 7.45 (кроме выходных), 9.00, 12.00, 16.00, 19.30; пятница – дополнительно 18.00, воскресенье – дополнительно 14.00. С левого берега – через 30 минут соответственно [14].

Переправа Верхняя Тойма (Верхнетоемский район). Паромное сообщение с левым берегом Северной Двины осуществляется в летнее время. Зимой используют специально подготовленную трассу по льду реки (зимник). Во время ледостава и ледохода добраться до Верхней Тоймы невозможно. На переправе работает паром СП-16 (четыре–шесть рейсов в день).

Основными проблемами речных пассажирских перевозок на местных линиях Архангельской области являются:

- устаревший флот пассажирских судов для местных линий (средний возраст – 37 лет);
- постоянный рост цен на топливо и энергоресурсы;
- сезонность работы предприятий, эксплуатирующих флот пассажирских судов для местных линий;
- отсутствие освещаемой обстановки на ВВП бассейна в период темных ночей, вдвое снижающее использование флота;
- ограниченное финансирование из бюджета убытков по пассажирским перевозкам, препятствующее проведению полноценных ремонтов и развитию инфраструктуры, используемой для осуществления пассажирских перевозок на местных линиях;
- разрушенные причальные стенки – невозможность швартовки пассажирским судам для местных линий;
- в ряде случаев конкуренция с автодорожным транспортом – существуют линии, где добраться от пункта отправления до пункта назначения можно дорогой, причем иногда выходит в несколько раз быстрее.

Анализ показал, что для местных переправ Архангельской области рекомендуется использовать новый мелкосидящий грузопассажирский паром на 50 пассажиров и грузовой автопоезд (взамен существующих и близких по параметрам судов проектов 774, М-105, ДО-57).

Существующий пассажирский флот местных линий. По данным на начало 2013 г. под наблюдением Северного филиала РРР (г. Архангельск) находилось около 230 пассажирских, грузопассажирских и грузовых судов для местных линий. Основной порт приписки – Архангельск, средний возраст всех

судов для местных линий – 37,2 года, только пассажирских и грузопассажирских – 37,3 года (всего 44 ед.). Последнее из пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Архангельской области было построено в 1999 году (т/х «Тойнокурье», владелец – МУП «Флора-Дизайн»).

Нормативный срок эксплуатации судов составляет 25–35 лет при максимально возможном сроке эксплуатации 40 лет. Таким образом, уже сейчас могут быть списаны практически все из 44 ед. флота пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий.

Это, безусловно, приведет к обвалу объемов пассажиро- и грузоперевозок на речном транспорте, что для Архангельской области обернется транспортным коллапсом.

Как видно из вышеизложенного, предстоящее списание пассажирского и грузопассажирского флота нанесет существенный ущерб, на фоне полного отсутствия строительства нового флота пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Архангельской области.

Анализ путей и погодных условий. Выбор главных характеристик судов. Согласно [1, 15], р. Северная Двина спокойная (скорость течения до 3 км/ч в межень и до 6 км/ч в половодье).

Глубина реки до 3,5 м – при слиянии Сухоны и Юга, от 2 до 4,5 м – до устья Вычегды, от 5 до 7,5 м – в пределах Вологодской области, до 12–24 м – Архангельск, наблюдаются отмели и перекаты.

Дно Северной Двины преимущественно песчаное. Ширина реки в среднем составляет 450–600 м. Ширина судовой части в русле достигает 500–1200 м (гарантированные габаритные размеры судовых ходов основных водных путей см. в табл. 3).

Таблица 3

Гарантированные габаритные размеры судовых ходов основных водных путей

Река, участок	Протяженность, км	Глубина, см	Ширина, м	Радиус закругления, м
р. Северная Двина				
Устье р. Юга – Котлас	67	110	40	300
Котлас – Орлецы	495	170	40-100	400–600
Орлецы – Уйма	103	215	100	600
Полой Мечка	19	215	100	600
Рикасиха – Северодвинск	20	160	30	110

Источник: [5]

Продолжительность навигации – 174–185 дней (первая цифра относится к нижней части, вторая – к истоку). Лед появляется в конце октября, осенний ледоход длится две-три недели, ото льда река очищается примерно за декаду, ледостав устанавливается на 180–190 дней.

Водные пути порта Архангельск характеризуются достаточно большими (для реки) глубинами, доступны в зоне рейдов судам с осадкой до 7,5 м [2]. Согласно [3] у причалов №149–155 Объединенного морского-речного вокзала могут быть одновременно отшвартованы 2 морских и 3 речных пассажирских судна с осадками до 5,3 м.

При плавании судна каналом Никольского русла, начиная от канала Верхне-Кегостровского створа до Лайского входного и по р. Ля до ОАО «Лайский СРЗ» осадка не более 4,5 м, при плавании по подходному каналу к ПРП «Жаровиха» – 4,0 м; по подходному каналу ОАО «Архангельский ЦБК» – 3,5 м., к ОАО «Лесозавод №2» и Фактории – 6,5 м.

Скорость пассажирских судов ограничена на судоходных каналах 30 км/ч, в Маймаксанском рукаве, на внутренних рейдах порта Архангельск – 18 км/ч, вблизи причалов и лесостоянок – 9 км/ч.

При ветре свыше 17 м/с или при наличии волнения в месте посадки-высадки пассажиров высотой более 1 м пере-

возка пассажиров на любых типах судов, включая паромы, запрещается [3].

Общие особенности речных пассажирских судов местных линий. Рассматриваемые речные пассажирские и грузопассажирские суда для местных линий по продолжительности рейса и назначению по классификации Санитарных норм для судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания (СанПин 2.5.2.-703–98) относятся к III группе. Это суда внутреннего плавания внутригородских, пригородных линий, что собственно, определяет их архитектурно-конструктивный тип, наличие специальных помещений, требования к площадям помещений, освещенности, системам водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха и т.п.

Типовой состав экипажа: капитан-механик; матрос; кассир (как правило, женщина). В условиях Архангельска суда могут оставаться на островах на ночь. Поэтому должны быть предусмотрены помещения для отдыха экипажа, с выделением места отдыха для кассира и место для разогрева пищи.

Суда для местных линий могут иметь в большей или меньшей степени (в зависимости от условий эксплуатации) упрощенную форму корпуса. От экстремально упрощенной «пontonной» формы у относительно тихоходных грузопассажирских паромов, работающих на коротких линиях мелководных переправ с одного берега на другой со скоростями хода до 10–12 км/ч, до умеренно упрощенной (сломы по скуле и отсутствие двухплоскостной кривизны днища кормовой оконечности) у паромов со скоростями хода до 15–24 км/ч.

Для посадки и высадки пассажиров с носа на пассажирских судах пригородных и внутригородских линиях часто используют носовые обводы выше ватерлинии с развалом для обеспечения достаточной площади палубы бака.

Грузопассажирские паромы «челночного» типа в надводной части имеют симметричные формы носовой и кормовой оконечностей для обеспечения единообразия условий погрузки/выгрузки как с носа так и с кормы.

Форштевень пассажирских судов выполняется наклонным в надводной части и с подъемом днища в подводной для обеспечения возможности причаливания носом к берегу в необорудованных местах для посадки и высадки пассажиров с носа. По этой же причине бульбообразная носовая оконечность не применяется из-за большой вероятности аварийных повреждений при касании грунта носовой оконечностью и частых швартовках в тесненных условиях.

Грузопассажирские паромы в надводной части имеют носовой транец для обеспечения установки аппарели и причаливанию носом к местам погрузки/выгрузки.

Кормовая оконечность пассажирских судов выполняется, как правило, транцевой для уменьшения габаритной длины судна.

На грузопассажирских паромых транец в надводной части кормы служит для обеспечения установки аппарели и причаливанию кормой к местам погрузки/выгрузки.

Кормовые обводы в подводной части (в особенности для судов с экстремально ограниченной осадкой) имеют характерные туннельные образования для обеспечения условий работы гребных винтов.

Машинное отделение, помещения экипажа на всех судах размещаются в кормовой части для обеспечения удобства сообщения экипажа с МО и рулевой рубкой, оптимальной компоновки пассажирской зоны.

Для «северных» вариантов судов с учетом климатических условий предусматриваются закрытые ходовые мостики от борта до борта.

На пассажирских судах, как правило, предусматривается: – салон для пассажиров в один ярус в средней и носовой части, обеспечивающий посадку и высадку с носа и обоих бортов (в кормовой части пассажирской зоны);

- рулевая рубка в корме от пассажирской зоны (для удобства контроля за пассажирской зоной, посадки/высадки пассажиров) и в непосредственной близости от МО;
- надстройка и крылья мостика, не выступающие за габариты основного корпуса при крене в 5–9°.

На грузопассажирских паромах «челночного» типа (с носовой и кормовой аппаратами):

- салон/салоны для пассажиров размещается по возможности в один ярус в бортовых надстройках средней части судна с одного или обоих бортов;
- центральная часть главной палубы предусматривается для размещения автомобилей и другой колесной техники с возможностью сквозного проезда с носа в корму и наоборот (погрузка/выгрузка с помощью носовой и кормовой аппарелей);
- рулевая рубка размещается в средней части судна на мостике над грузовой зоной с возможностью кругового обзора (для удобства контроля за пассажирской и грузовой зонами) обеспечения одинаковых условия обзора как при подходе к причалу/швартовке как носом так и кормой.

Пассажирское судно, как правило, гладкопалубное с возвышенными баком и ютом. При этом крыша закрытого пассажирского салона имеет уклон к носу. Для «южных» версий обычно предусматривается сдвижные остекленные участки крыши или телескопическая полностью сдвигаемая в корму крыша с верхними частями бортовых стенок.

Грузопассажирские паромы, как правило, также гладкопалубные с относительно небольшими седловатостями грузовой палубы в носу и корме (у аппарелей).

Крыши полностью закрытых рулевых рубок от борта до борта имеют седловатость для обеспечения слива дождевой воды.

На таких судах судовая энергетическая установка дизельная. Причем, как правило, применяется два главных двигателя с двухвальной установкой с гребными винтами и рулями/направляющими насадками, обеспечивающая соответствующие пропульсивные качества и достаточную маневренность для данных судов с большим соотношением ширины к осадке.

Для мелкоосидающих судов (с экстремально ограниченной осадкой) целесообразно применение современных гребных колес или водометных движителей.

Классы Регистра. В правилах порта Архангельск указано, что с наступлением ледостава к работе в пределах Архангельска допускаются суда, имеющие ледовую категорию РС Ice 1 (или их эквивалент в классе РРР «Лед 40»), которая позволяет работать судам в мелкобитом льду толщиной до 40 см. При образовании льда толщиной более 40 см разрешено организовать пешеходные и транспортные ледовых переправы, соответственно необходимость в применении судов отпадает.

Островные территории города Архангельска в дельте р. Северная Двина, а также сама Северная Двина выше города Архангельск относятся к разряду «Р», поэтому суда должны иметь класс РРР ✱ P1,2 (высота волны 1,2 м 1% обеспеченности).

Таким образом, для судов, предназначенных для работе в районе Архангельске, требуется класс РРР ✱ P1,2 (Лед 40). Для судов, которые будут работать на местных областных линиях исключительно в безледовой обстановки можно рекомендовать просто ✱ P1,2. Если же все равно придется эксплуатировать судно в условиях ледохода, то остается в силе первая рекомендация.

Особенности судов для работы в городе Архангельск. Как показало изучение условий работы судов в районе Архангельска, глубина на основном ходу – около 4 м, но у берегов уменьшается до 2,5–3 м, соответственно осадку у городских судов не следует делать более 2,4 м, но с другой стороны, с учетом того, что работа предполагается в сильнозашугованных условиях, и

уменьшать осадку не рекомендуется, иначе будут забиваться винты и судно будет терять ход.

По длине судно не должно превышать 40 м, чтобы не мешать судовому ходу, так как паром будет в условиях города швартоваться поперек реки. Из условий маневрирования на течении ширина ограничивается значением в 10 м.

Для высадки пассажиров (при отсутствии загрузки автомобилями) необходим бортовой лацпорт.

В соответствии с особенностями эксплуатации (в ночное время суда могут оставаться на островах для срочной доставки больных, решения задач МВД и МЧС, обеспечения срочной доставки продуктов и медикаментов для населения островов) необходима автономность по топливу – 5 суток, по прочим видам запасов – 2 суток.

В результате было предложено грузопассажирское судно пр. РРР14 вместимостью 200 чел. и два автопоезда (схема общего расположения дана на рис. 2, главные характеристики приведены в табл. 4, общий вид судна показан на рис. 3 и 4). Проект предназначен для эксплуатации на островных территориях города Архангельска в дельте реки Северная Двина, а также на других местных линиях в северных регионах Российской Федерации, где необходимо работать в ледовых условиях.

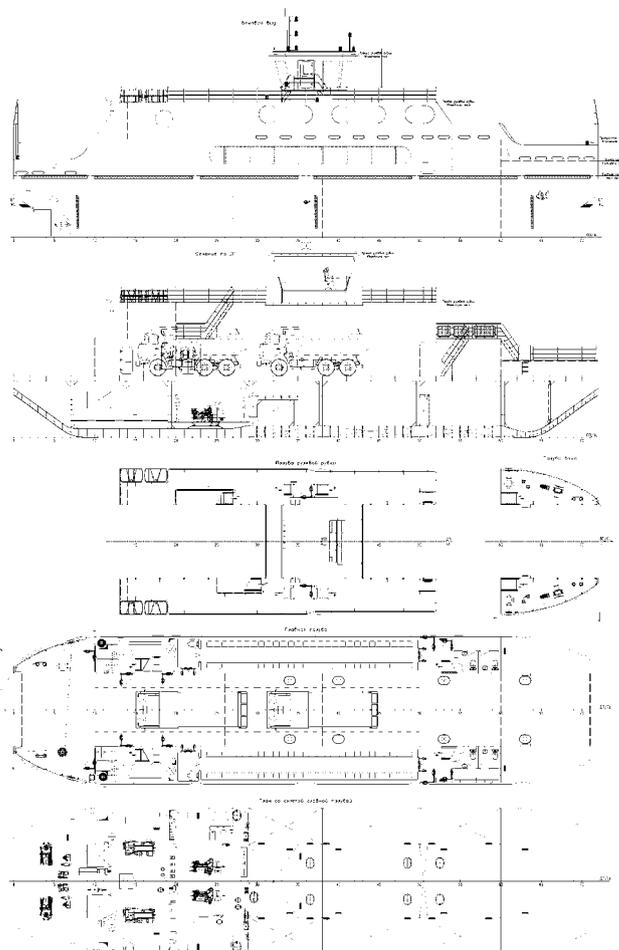


Рис. 2. Схема общего расположения парома пр. РРР14

Принятый архитектурно-конструктивный тип: стальное самоходное двухвинтовое судно с транцевой носовой и транцевой кормовой оконечностями, с избыточным надводным бортом, с расположенными побортно надстройками, выполненными из сплава АМг5, с носовой и кормовой аппаратами, со средним расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части.

Пассажиры размещаются на сидячих местах в двух пассажирских салонах, а также на открытых частях прогулочной палубы. На судне предусмотрены туалеты для пассажиров.

Таблица 4
Основные характеристики парома пр. RPF14

Параметр	Величина
Длина максимальная, м	39,60
Длина по КВЛ, м	38,22
Ширина габаритная, м	10,40
Ширина (по корпусу), м	10,00
Высота борта, м	4,20
Осадка по КВЛ, м	2,40
Дедвейт, т ($T = 2,40$ м)	349
Автономность, сут.	
по запасам топлива	5
по запасам питьевой воды, сточным водам, НСВ и мусора	2
Площадь грузовой палубы, м ²	150
Автомобилеместимость, шт.	
Грузовых автопоездов	2
Легковых	7
Пассажирамместимость, чел.	200
Класс РРР	✳ Р 1,2 (Лед 40) А
Мощность ГД, кВт	2×479
Винторулевое устройство	2×ВФШ 2 подвесных балансированных руля
Вспомогательные ДГ, кВт	2×180
Аварийный ДГ, кВт	1×28
Экипаж, чел.	3
Скорость, уз	10,8



Рис. 3. Общий вид судна (вид на нос)



Рис. 4. Общий вид судна (вид на корму)

На переборках пассажирских салонов возле крайних сидений предусмотрена установка откидных детских люлек (восемь штук).

Для размещения экипажа численностью три человека предназначается дежурное помещение, в котором располагается оборудование для хранения и подогрева пищи, а также места для кратковременного отдыха экипажа.

Особенности судов для работы в области. Паром для местных областных линий предполагается для переправ с мелководными участками, глубина на участках – до 0,8 м.

Необходима свободная палуба длиной около 20 м (для размещения в длину самосвала или автопоезда). Нагрузка на ось – 15 т.

Сидячих мест – около 40. Остальные могут перевозиться стоя.

Требуется носовая аппарель размерами примерно 5×5 м, чтобы обеспечить выгрузку автотехники на необорудованном берегу. В соответствии с условиями эксплуатации рекомендуется автономность по всем видам запасов – двое суток.

В результате было предложено грузопассажирское судно проекта RPF15 вместимостью 50 человек и одного грузового автопоезда (схема общего расположения дана на рис. 5, главные характеристики приведены в табл. 5, общий вид судна показан на рис. 6 и 7). Проект предназначен для эксплуатации на областных переправах Архангельской области, а также на других местных линиях в северных регионах Российской Федерации, где необходимо работать в ледовых условиях.

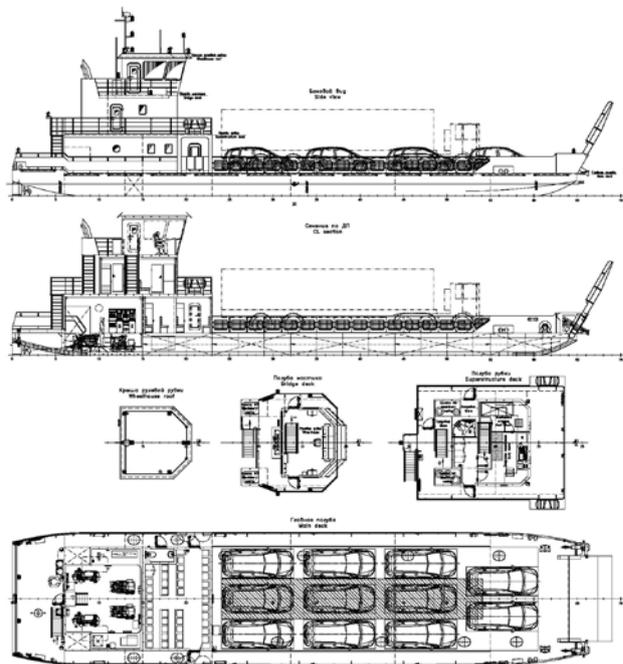


Рис. 5. Общее расположение парома пр. RPF15

Таблица 5
Основные характеристики парома пр. RPF15

Параметр	Величина
Длина максимальная (с аппарелью, закрепленной по-походному), м	37,68
Длина габаритная (по корпусу), м	35,70
Длина по КВЛ, м	34,995
Ширина габаритная (с привальным брусом), м	8,614
Ширина (по корпусу), м	8,50
Высота борта, м	1,40
Осадка по КВЛ, м	0,75
Осадка (эксплуатационная), м	0,70
Дедвейт, т ($T = 0,75$ м)	75,8
Дедвейт, т ($T = 0,7$ м)	61,5
Автономность, сут.	2
Площадь грузовой палубы, м ²	130
Автомобилеместимость, шт.	
Грузовых	1
Легковых	11
Пассажирамместимость, чел.	50
Класс Российского Речного Регистра	✳ Р 1,2 (Лед 40) А
Мощность ГД, кВт	2×148
Винторулевое устройство	2×ВФШ 2 подвесных балансированных руля
Вспомогательные ДГ, кВт	2×30
Экипаж, чел.	3
Скорость, уз	8,0

Принятый архитектурно-конструктивный тип: стальной самоходной двухвинтовой паром с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с кормовой рубкой, без бака, с ютом, с машинным отделением в кормовой части, с носовой аппарелью.

Пассажиры размещаются на сидячих местах в пассажирском салоне на главной палубе (40 мест), остальные – стоя.

На переборках пассажирских салонов возле крайних сидений предусмотрена установка откидных детских люлек (четыре штуки).

На судне предусмотрен общественный туалет для пассажиров вблизи пассажирского салона.

Для размещения экипажа численностью три человека предназначается дежурное помещение, в котором располагается оборудование для хранения и подогрева пищи, а также места для кратковременного отдыха экипажа.

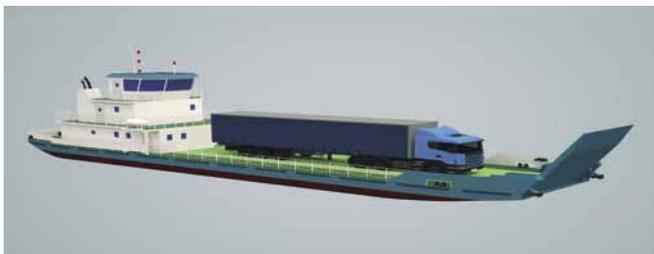


Рис. 6. Общий вид судна (вид на нос)



Рис. 7. Общий вид судна (вид на корму)

ВЫВОДЫ

1. Рост пассажиро- и грузоперевозок в Архангельском регионе за последние годы, морально и физически устаревший флот пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий, проблемы с отсутствием флота с необходимыми ледовыми усилениями для возможности эксплуатации в период льдообразования и ледохода показывают необходимость строительства речных грузопассажирских судов нового поколения для местных линий с ледовым классом Лед 40.

2. В настоящее время региональным правительством реализуется долгосрочная целевая программа «Развитие общественного пассажирского транспорта Архангельской области

на 2012–2016 гг.», в рамках которой предусмотрено строительство и приобретение на условиях софинансирования новых паромов.

3. Анализ показал, что в программу необходимо включить следующие суда:

- грузопассажирское судно вместимостью около 200 чел., на два грузовых автопоезда с носовой и кормовой аппарелями для работы на речной переправе протяженностью до 3 км и ледовой категорией Лед 40;
- пассажирское судно вместимостью 250 человек, с ледовой категорией Лед 40;
- грузопассажирское судно вместимостью до 50 чел. и один автопоезд (грузоподъемностью 50 т) с носовой аппарелью для работы на речных переправах продолжительностью рейса до двух часов и ледовой категорией Лед 40.

ЛИТЕРАТУРА

1. Внутренние водные пути России / В.М. Воронцов, В.А. Кривошей, А.Б. Разгуляй, В.И. Савенко. – М.: По Волге, 2003. – 188 с.
2. Морские порты России: Справочник. – М.: ИД Магистраль, 2012. – 496 с.
3. Порты мира. Книга 4: Россия. Часть 1: Абакан–Колпашево. – СПб.: Изд. ЦНИИМФ, 2000. – 559 с.
4. Речные порты и внутренние водные пути России. Справочник. – М.: ИД Магистраль, 2011. – 370 с.
5. Справочник эксплуатационника речного транспорта / М.Д. Амусин, В.С. Бубякин, К.А. Гаринов и др. Под ред. С.М. Пьяных. – М.: Транспорт, 1995. – 360 с.
6. В Архангельске изменили расписание буксиров на пассажирских переправах. – Информ. портал «News29». – 29.11.12. URL: <http://www.news29.ru/>.
7. Речные пассажирские перевозки в Архангельске могут прекратить свое существование – профсоюз речпорта. – Информ. портал для моряков «CrewingBizUa». – 28.05.09. URL: <http://www.crewing.biz.ua/>.
8. История и культура Виноградовского района. – Информ. портал «Двиноважье». – URL: <http://dvinovaje.ru/>.
9. Жители Осиновского сельского поселения находятся в критической ситуации. – Информ. агентство «ДвинаИнформ». – 16.05.13. URL: <http://www.dvinainform.ru/>.
10. Переправе Осиново – Березник: Слово за областными депутатами. – Информ. агентство «ДвинаИнформ». – 28.05.13. URL: <http://www.dvinainform.ru/>.
11. Информационное агентство «ДвинаИнформ». Статья «В Поморье уладят проблемы с переправами» от 05.07.13. URL: <http://www.dvinainform.ru/>.
12. Матера и Ухтоострово теперь с переправой. А Ичково?. – Информ. агентство «Правда Севера». – 30.07.13. URL: <http://www.pravdasevera.ru/>.
13. Программа водных переправ. – Информ. портал районной газеты «Холмогорская жизнь». – 19.10.12. URL: <http://holmgazeta.ru/>.
14. Теплоход «Мечта» вместо рейсов на Ухтоострово перевозит грузы для подготовки к юбилею Ломоносова. – Информ. портал «NP». – 08.06.11. URL: <http://news.nordportal.ru/>.
15. Сайт «Все реки России». – URL: <http://vsereki.ru/severnoy-ledovityj-okean/bassejn-belogo-morya/severnaya-dvina> (дата обращения 30.10.2013).
16. Официальный интернет-портал «Архангельск». URL: <http://www.arhcity.ru> (дата обращения 30.10.2013).
17. Официальный интернет-портал губернатора Архангельской области. URL: <http://www.orlov29.ru/> (дата обращения 30.10.2013).
18. Универсальная интернет-энциклопедия «Википедия». URL: <http://www.wikipedia.org/> (дата обращения 30.10.2013).■

На страницах «Морского вестника» в порядке обсуждения было опубликовано несколько тезисов о современных терминологии и подходах к техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) кораблей и судов ВМФ. Дискуссии в этой сфере вызваны необходимостью актуализации технических и организационных требований, формулирования согласованной терминологии, требуемой для всех участвующих в работе системы ТОиР.

Общепризнано понятие системы как единства закономерно взаимосвязанных элементов. Очень укрупнено можно представить систему ТОиР как совокупность относительных понятий (элементов), приведенных на рис. 1.

В ходе перманентных поисков наиболее оптимальных форм управления системой ТОиР большинство этих элементов перестали быть объектом чье-либо управления, предметом чье-либо исследования или чьей-либо ответственности.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВОЕННО-МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Г. Н. Муру, канд. техн. наук, ген. директор,
О. А. Нестерец, первый зам. ген. директора – гл. инженер,
ОАО «51 ЦКТИС»,
контакт. тел. (812) 315 4945

Надо отметить, что в США централизованное управление идеологией ТОиР осуществляет командование ВМС. основополагающий документ, регулирующий вопросы эксплуатации и технического обслуживания кораблей ВМС США [4], вводится в действие директивой начальника штаба ВМС – Chief of Naval Operations (CNO).

Этот регулярно актуализируемый документ (действует 12-я редакция) определяет общие принципы эксплуа-

ключительно в результате трудностей перевода.

В соответствии с п. 48а ГОСТ РВ 0101-001–2007. «Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения» также широко трактуется и *сервисное обслуживание изделия военной техники*. Здесь в сервисное обслуживание могут входить техническое обслуживание и все виды ремонта изделия военной техники, гарантийный и технический надзор при эксплуата-



Рис. 1. Элементы системы технического обслуживания и ремонта кораблей, морской техники и вооружений

Вместе с тем без решения проблем восстановления жизнедеятельности этих элементов идеи обеспечения полноценного функционирования системы ТОиР в наше время не смогут быть реализованы.

Сегодня большинство судоремонтных мощностей бывшего СССР сосредоточено в «ОСК». Несмотря на это, даже в стратегии развития корпорации лишь констатируется, что «в отличие от мировой практики сервисное обслуживание и ремонт не являются в России рентабельным направлением, что не позволяет предприятиям судоремонта осуществлять своевременную модернизацию производства». Пути изменения ситуации не прописаны.

технического обслуживания, ремонта и модернизации боевых кораблей основных классов, а также устанавливает ответственность должностных лиц в сфере обеспечения технической готовности флота. При этом обеспечение технической готовности рассматривается как составная часть обеспечения боевой готовности, таким образом, упоминаемое в этом документе понятие «восстановления технической готовности» (ВТГ) – это цель. Для достижения этой цели можно выполнять все виды технического обслуживания, а также все виды ремонта и модернизации.

Следовательно, появившееся и у нас в обиходе словосочетание ВТГ стало восприниматься как вид ремонта ис-

печения изделия военной техники, работы по гарантийным обязательствам сервисной организации, работа по бюллетеням, мониторинг технического состояния изделия военной техники, хранение запасных частей и материалов, обучение специалистов эксплуатирующей организации, а также при необходимости *другие виды работ и услуг, предусмотренные контрактом*. То есть это практически любой комплекс мероприятий, оговоренных контрактом, в том числе и средний ремонт.

По этой логике, если судовладелец заказывает восстановление технической готовности изделия, обеспечить которой невозможно без проведения, например, среднего ремонта, в Протокол согласо-

ния объемов работ (ПСОР) необходимо вписывать этот конкретный вид ремонта.

Периодичность, продолжительность и виды работ по восстановлению технической готовности в ВМС США регулируются *Положением о ремонтных циклах, межремонтных периодах, продолжительности и трудоемкости заводских видов ремонта* кораблей ВМС США [6]. В отечественном ВМФ для обеспечения обоснованного планирования и проведения ремонтов формировался комплект ТОТД [7], сегодня дополняемый типовыми ведомостями сервисного обслуживания (ТВСО).

В основе планирования системы технической эксплуатации кораблей ВМС США лежит *типовая программа ТОиР* (Class Maintenance Plan – CMP). Программа устанавливает единые для всех кораблей одного типа требования к содержанию (что делать), организации (кому делать), периодичности (когда делать) и условиям (при каком состоянии материальной части делать) работ на всех этапах жизненного цикла.

В развитии типовых программ в ВМС США разрабатывают методические рекомендации, которые содержат расчетные данные о периодичности, продолжительности и трудоемкости заводских ремонтов и регламентных работ для определенного типа кораблей на полный срок их службы. Фактические данные по номенклатуре и объему мероприятий для обеспечения технической готовности каждого типа корабля на среднесрочную (три года) перспективу отражаются в сводных таблицах (ShipSheet), которые обновляются ежегодно. Они служат основанием для составления планов ремонтных и модернизационных работ текущего года по каждому кораблю, сметы расходов на плановые мероприятия ТОиР в текущем финансовом году (Maintenance and Modernization Business Plans – MMBP) и на два последующих года (Future Year Defense Program – FYDP).

Требования и типовая программа ТОиР разрабатывается [8] центрами, входящими в структуру аппарата заместителя министра ВМС по исследованиям, разработкам и закупкам [9] и командующего Командованием кораблестроением и вооружением.

Методические рекомендации разрабатывают центры технической готовности, визируются командующими флотами (Fleet Commanders – FLTCDRs): COMUSFLTFORCOM, COMPACFLT) и родами сил (Type Commanders – TYCOMs): COMUSFLTFORCOM, COMPACFLT, COMNAVAIRLANT) и через их заместителей по эксплуатации и ремонту ко-

раблей представляются на утверждение в штаб ВМС начальнику технического управления (Director, Fleet Readiness Division; OPNAV N43). Ответственность за ведение сводных таблиц и составление планов ремонтных и модернизационных работ текущего года по каждому кораблю возложена на соответствующий флотский региональный центр технической готовности [10].

В течение трех месяцев по окончании ремонта центр технической готовности соответствующего рода сил на основании исполнительный ремонтной ведомости составляет отчет о проведенных работах (BAWP close-out report). Отчет содержит полный перечень плановых мероприятий, предусмотренных базовой ремонтной ведомостью, с указанием какие из них были выполнены, а какие отложены, а также сведения о номенклатуре и стоимости выполненных работ. На основании этого отчета обновляются сводные таблицы периодичности, продолжительности и трудоемкости мероприятия ТОиР, а также базовые ремонтные ведомости на следующий ремонтный цикл. Кроме того, данные отчета используются для корректировки типовых программ и методик ТОиР [11]. Параллельно после окончания ремонта составляется отчет о ремонте (Hot Wash). В отличие от отчета о произведенных работах, содержащего информацию о том, что сделано, отчет о ремонте указывает на то, как это было сделано, и служит целям улучшения процесса планирования и выполнения заводского ремонта.

Многие из мероприятий, проводимых в настоящее время в обеспечение системы ТОиР в ВМС США, являлись долгие годы элементами повседневной деятельности ряда частей и организаций отечественного флота.

Разработкой аналитических материалов для представления командованию занимался 51 ЦКТИС в составе Главного управления судоремонтных заводов ВМФ (ГУ СРЗ ВМФ)

В апреле 2014 г. исполняется 60 лет с момента создания Главного управления судоремонтных заводов ВМФ (ГУ СРЗ ВМФ). Управление на этапе создания подчинялось непосредственно Главному командующему ВМФ и единственное в Минобороны обладало правами главка промышленного министерства.

Период создания и развития ГУСРЗ ВМФ был периодом формирования и функционирования системы технической эксплуатации и ремонт (ТОиР) кораблей и судов ВМФ.

К исходу 80-х гг. в составе главка трудилось только на СРЗ 53 819 человек, в том числе производственных рабочих 29 330 чел., обеспечивая производственную мощность в 62 864 тыс.нормо-ч.

Ежегодно доковались до 650 кораблей и судов, из среднего и текущего ремонта сдавались до 100 ед.

ГУ СРЗ имело в своем составе инженерно-технический центр (в/ч 15116, в/ч 26920, 51 ЦКТИС) и обеспечивало ведение ведомственных информационных систем, необходимых для осуществления экономических, технических и материально-технических задач планирования, подготовки и проведения ремонтов.

Наличие накопленной за последние годы информации создало предпосылку для перехода к обслуживанию всей системы судоремонта и технического обслуживания ВМФ. Однако к тому периоду единая система ТОиР начала перестраиваться...

Заместитель председателя правительства России Д. Рогозин недавно отметил, что «если долгое время в нашей стране довлеющей была проблема нехватки средств, то сегодня, ... во-первых, отсутствует единый орган, регулирующий техническую политику».

Учитывая, что Д. Рогозин одновременно руководит Военно-промышленной комиссией и Морской коллегией при Правительстве РФ, хочется выразить уверенность, что и в системе ТОиР ВМФ такой орган вскоре появится.

Все вместе мы способны реанимировать систему ТОиР, возможности для этого у нас есть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Рогозин. Робот встанет под ружье. // Российская газета. – 2013. – № 264 от 22.11.
2. OPNAVNOTE 4700, August 18, 2009.
3. OPNAVINST 3120.33C, January 22, 2013.
4. Department of Navy, Chief of Naval Operations, Maintenance Policy for U.S. Navy Ships. OPNAV Instruction 4700.7L (N431), May 25, 2010.
5. Department of the Navy, Commander Military Sealift Command. MSC's Technical Authority, Maintenance Philosophy, and Maintenance and Repair Management System (MRMS), COMSC Instruction 4700.1, April 8, 2010.
6. Department of Navy, Chief of Naval Operations, Representative Intervals, Durations, Maintenance Cycles, and Repair Mandays for Depot Level Maintenance Availabilities of U.S. Navy Ships, OPNAV Notice 4700 (N43), August 18, 2009.
7. Г. Н. Муру, Ю. И. Витенбергский. Некоторые вопросы системы технического обслуживания и ремонта кораблей ВМФ. В порядке обсуждения // Морской вестник. – 2013. – №4. – С. 33–34.
8. Program Executive Offices (PEOs): PEO Aircraft Carriers, PEO Ships, PEO Littoral Combat Ship, PEO Submarines.
9. Assistant Secretary of the Navy (Research, Development and Acquisition) (ASN(RDA)).
10. SURFACE FORCE READINESS MANUAL, March 9, 2012.
11. WEB-resource: http://www.navsea.navy.mil/teamships/SEA21_SURFMEPP/Core_Products.aspx. ■

Сейчас невозможно представить себе отрасль промышленности, которая не использовала бы компрессоры. Оборудование, обеспечивающее очистку, сжатие и хранение газов, применяется в судостроении, энергетике, машиностроении, горной и нефтяной промышленности, на транспорте и в медицине, ракетно-космической, пищевой и химической отраслях. Словом, ни одна из сфер промышленности попросту немислима без компрессорных установок.

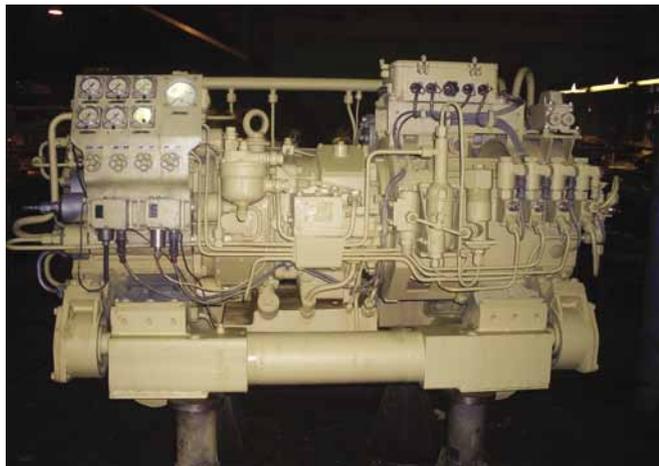
Компрессоры высокого давления с уникальными массогабаритными и виброшумовыми характеристиками производства ОАО «Компрессор» хорошо известны Министерству обороны, заводам-строителям надводных и подводных кораблей для ВМФ России.

На всех отечественных надводных и подводных кораблях установлены компрессоры производства ОАО «Компрессор». Ими оборудованы всемирно известные научно-исследовательские суда, ледоколы, крупнейшие танкеры, суда космической связи, авианосцы и крейсера, эсминцы, тральщики, суда береговой охраны, подводные лодки и т. д.

Производимое оборудование применяется не только на судах ВМФ и стартовых комплексах ракетносителей, но и в гражданском флоте, в современном производстве, на объектах энергетики, нефтегазовой отрасли, РЖД и др.

Для нужд энергетической отрасли были разработаны и серийно выпускаются ОАО «Компрессор» автоматизированные поршневые компрессоры и блоки осушки воздуха, применяемые на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях, в качестве привода для воздушных выключателей высоковольтных линий электропередач. Наше оборудование надежно работает во Владимирском ПМЭС, на объектах «Ленэнерго», ТГК-1 (каскад Свирских и Вуоксинских гидроэлектростанций и др.). На Ленинградской, Калининской АЭС, в Индии на АЭС «Куданкулан», в Иране на АЭС «Бушер» и в Болгарии на АЭС «Белене», на первой плавучей АЭС также установлены компрессоры нашего производства.

ОАО «Газпром» эксплуатирует оборудование, изготовленное ОАО «Компрессор», на компрессорных станциях, входящих в состав Северо-европейского газового потока «Нить 1» и «Нить 2» «Починковская» и «Алгай», Бованенково «Электростанция собственных нужд», Калужское подземное хранилище газа (ПХГ), КС «Гремячская» «Каменск-Шахтинская», «Новогрязневская», «КС-15 Нюксеница», «КС-12 Микунь», «Приводненская», «Соковка», Калининградское ПХГ, «Пуровская», «Ярковская», «Самсоновская» и многие другие объекты. Отгружена первая продукция для Южного потока.



КОМПРЕССОРЫ ДЛЯ ТЕХ, КТО УМЕЕТ СЧИТАТЬ

Л. Г. Кузнецов, д-р техн. наук, проф., заслуженный машиностроитель РФ, ген. директор ОАО «Компрессор»,

Ю. Л. Кузнецов, канд. техн. наук, ген. директор ООО «Компрессор газ», контакт. тел. (812) 295 5090



Учитывая, что в последние годы акценты нефтегазодобычи неуклонно смещаются в сторону запасов, скрытых толщей Мирового океана, а Россия обладает самым протяженным шельфом на планете, 85% которого приходится на арктический сектор, все проекты освоения шельфа являются технически сложными, требуют применения новейших передовых технологий и технических средств.

ОАО «Компрессор» разработало и поставляет оборудование для акустической геологоразведки арктического шельфа с применением воздуха высокого давления. Оборудование производства ОАО «Компрессор», поставляемое для судов ВМФ, характеризует надежность. При плавании в условиях Крайнего Севера необходимо использовать только проверенное, зарекомендовавшее себя оборудование. На морской ледостойкой стационарной платформе «Приразломная», предназначенной для разработки нефтяного месторождения в юго-восточной части Баренцева моря, установлены компрессоры производства нашего завода. Ведутся переговоры о поставке нашего оборудования на Штокмановское газоконденсатное месторождение.

При строительстве космодрома Восточный, реконструкции космодромов Байконур и Плесецк закупается самое надежное оборудование, а именно компрессорные станции производства ОАО «Компрессор».

На железнодорожном транспорте для обслуживания железнодорожных магистралей, пневматических систем торможения сортировочных станций и других пневматических устройств разработаны блок-контейнерные воздушные компрессорные станции (БВКС). Предприятием ОАО «Компрессор» разработаны специально для грузового электровоза компрессорные агрегаты:

- основной (агрегат компрессорный винтовой) АКВЗ/1ЖТ ХЛ для пневмосистемы привода тормозов;
- вспомогательный (агрегат компрессорный поршневой) АКП 0,05/0,7 для привода пантографа и другого оборудования.

Винтовые компрессоры серии АКВ комплектуются влагомаслоотделителем и фильтрами грубой и тонкой очистки и обеспечивают подачу очищенного и осушенного в соответ-

вии с предъявляемыми требованиями сжатого воздуха в тормозную систему железнодорожных электропоездов нового поколения.

Наше оборудование работает в Московском метрополитене.

По мнению потребителей, предлагаемые ОАО «Компрессор» судовые и общепромышленные компрессоры по своим техническим характеристикам не уступают импортным, а по ряду параметров превосходит их. За 80 лет, что ОАО «Компрессор» разрабатывает и производит судовые компрессоры для сжатия воздуха, азота, кислорода, гелия, водорода, углекислого, природного и других газов, конструкция отработана до мелочей. Некоторые конструктивные решения, внедренные в наши разработки еще в 80-е гг. прошлого столетия, только сейчас реализуются в новейших разработках западных фирм.

Высокие ресурсные показатели, низкие эксплуатационные затраты, полная автоматизация, возможность эксплуатации в условиях крена и дифферента, сохранение работоспособности на различных режимах работы, определяемые параметрами состояния всасываемого газа («номинальном», «горячем», «наддуве», «разряжении» и их сочетаниях), в радиоактивной среде позволяют эксплуатировать изделия производства ОАО «Компрессор» в сейсмоопасных регионах, удаленных районах Крайнего Севера со сверхнизкими температурами и на экваторе.

Конструкторским бюро предприятия проведена серьезная работа по созданию систем автоматического управления (САУ) для компрессоров, блоков осушки и другой техники на новой элементной базе. САУ изготавливаются серийно заводом фирмы, степень автоматизации оборудования определяется заказчиком. Возможности системы автоматизации компрессора позволяют задавать основные рабочие параметры и контролировать их в автоматическом режиме, в частности, обеспечивается полная защита компрессора по давлению, температуре, перегрузке, превышение допустимых значений приводит к отключению его от электрической сети, тем самым предупреждая преждевременный выход из строя оборудования компрессора. Кроме того, САУ обеспечивает бесперебойную работу компрессора в условиях нестабильного напряжения, измеряет количество моточасов и информирует о необходимости проведения регламентных сервисных работ, обеспечивает автоматическую работу клапанов слива конденсата и автоматический старт/стоп компрессора по сигналу



датчика конечного давления в ресивере. Специализированное устройство управляет последовательностью работы нескольких компрессоров по различным схемам. Решена проблема приема и передачи на дистанционный пульт управления информации с датчиков и блоков управления.

Для новых проектов ВМФ созданы несколько типов компрессорных станций, компрессоров и блоков осушки и очистки воздуха: для всплытия и погружения; для работы в ядерном отсеке; для запуска торпед и ракет; для системы регенерации воздуха; для проведения водолазных работ. В настоящее время поставлены первые серийные образцы новых компрессоров для подводных атомных подводных лодок четвертого поколения «Юрий Долгорукий» и «Северодвинск».

Ведется постоянная работа по улучшению виброшумовых характеристик в компрессорах. Созданы устройства уравновешивания инерционных сил и применяются специальные средства виброизоляции и виброгашения, используются новые материалы, разрабатываются оригинальные конструкторские решения.

ОАО «Компрессор» завершает работу по созданию компрессора высокого давления без смазки, что позволит значительно сократить расходы на его обслуживание, упростить систему очистки, принципиально исключить возможность попадания паров масла в перекачиваемую среду (воздух, азот, кислород, гелий, углекислый газ, природный газ, водород).

Предприятием создан комплекс уникальных испытательных и измерительных стендов, на которых исследуются процессы, протекающие в компрессорах и системах, отрабатываются новые конструкции компрессоров и отдельных узлов, в том числе ведутся научные работы по самодействующим клапанам, уплотнениям поршней без смазки, системам очистки и осушки.

ОАО «Компрессор» активно участвует в федеральных целевых программах; созданные в ходе выполнения работ технологии позволят поднять отечественное компрессоростроение на мировой уровень.

Приобретенный в 2013 г. ОАО «Компрессор» стендовый измерительный комплекс LMS SCAD AS Mobile позволяет создавать уникальное оборудование, не имеющее мировых аналогов благодаря возможностям:

- измерения вибрации и динамических давлений в цилиндрах компрессоров, с построением индикаторных диаграмм;
- измерения температуры в трубопроводах компрессоров;
- корреляции между скоростью вращения коленвала и изме-

- ренными уровнями вибрации и динамических давлений;
- проведения модельных испытаний с ударным молотком с визуализацией колебаний 3D-моделей исследуемых конструкций;
- проведения периодической калибровки и поверки измерительных трактов; а также позволяет решать множество других задач.

Для обеспечения качественным сжатым воздухом высокого давления отдаленных районов с малоразвитой инфраструктурой ОАО «Компрессор» выпускает транспортабельные компрессорные станции в блок-контейнерном исполнении и мобильные системы подачи воздуха на основе шлангов высокого давления, что позволяет транспортировать и устанавливать полностью готовое к эксплуатации изделие на открытых площадках в различных климатических зонах и обеспечивать сжатым воздухом больше количество различных потребителей от одной компрессорной станции без прокладки капитальных пневмосетей. Режим работы возможен как кратковременный, так и постоянный.

Разработан и выпускается *типоразмерный ряд винтовых компрессоров*.

Внедрены в производство *частотные преобразователи*, позволяющие плавно регулировать производительность компрессоров.

При создании новой техники сотрудниками ОАО «Компрессор» получены и внедрены десятки патентов. Предлагаемое оборудование – результат современных технологических и технических решений для производства и подготовки сжатого воздуха и других газов в диапазоне давлений от 0,8 до 40 МПа.

Модернизация изделий происходит путем внесения конструктивных и технологических улучшений, применения современных технологий и материалов, замены старых систем автоматики на новые, отвечающие требованиям эксплуатирующих организаций, при этом наименование и индекс компрессорного оборудования не меняется, что обеспечивает узнаваемость и взаимозаменяемость изделий при реконструкции и ремонте объектов.

Для поддержания постоянного спроса на готовую продукцию оборудование выпускается в различных вариантах комплектации.

Потребителями продукции ОАО «Компрессор» являются ВМФ, ракетно-космические войска стратегического назначения, ФСБ, «Объединенная судостроительная корпорация» («ОСК»), Газпром, Роскосмос, Росатом. Разработана и готова к запуску в серию продукция для обеспечения российских железных дорог и других отраслей промышленности специализированными компрессорами и блоками осушки воздуха высокого давления, компрессорами низкого и среднего давления и другим машиностроительным оборудованием.



После вступления России в ВТО производители импортного оборудования для завоевания российского рынка, объединенные в корпорации и холдинги, расширяют сеть представительств в регионах, иногда при продажах устанавливают демпинговые цены на свое оборудование. Зачастую потребитель не задумывается об эксплуатации компрессоров и ремонтнопригодности закупаемого импортного оборудования, не учитывает расходы на сервисное обслуживание, а гарантийное обслуживание импортного оборудования оборачивается дополнительными расходами, так как стоимость запасных частей высока, и при любых отклонениях от требований к эксплуатации оборудования ремонт становится негарантийным.

При покупке оборудования ОАО «Компрессор» такие проблемы не возникают, вместе с готовой продукцией поставляется эксплуатационная документация, соответствующая требованиям российских стандартов, позволяющая в экстренном случае самостоятельно провести замену вышедших из строя деталей.



Сервисная служба предприятия оказывает весь спектр услуг производственного характера и поставку запасных частей, а именно: ремонт компрессорного оборудования любой сложности, замену устаревшего компрессорного оборудования на новое, диагностику и дефектацию оборудования, продление срока эксплуатации и поддержание компрессоров в рабочем состоянии. Предприятие имеет свои представительства во всех регионах России от Дальнего Востока до Калининграда.

ОАО «Компрессор» – многопрофильное предприятие энергетического машиностроения. В трудной конкурентной борьбе предприятие продолжает отстаивать завоеванные позиции одного из основных в нашей стране поставщиков компрессорного оборудования. ■

ОАО «Электропривод» - научно-технический и производственный комплекс, осуществляющий полный цикл создания и внедрения высоконадежной интеллектуальной техники: от начала разработки, изготовления опытных образцов, проведения испытаний до мелкосерийного производства и сопровождения в эксплуатации. За более чем 55-летний период деятельности предприятие приобрело большой научно-технический опыт создания высоконадежного авиационного электротехнического оборудования.

ОАО «Электропривод» сегодня разрабатывает и изготавливает автоматизированные электроприводы и системы управления различного функционального назначения и принципа действия и их составные элементы: электромеханизмы вращательного, поступательного и качательного движения; электродвигатели всех типов на любые напряжения питания; блоки управления; датчики и концевые выключатели. Поставляемые изделия отличаются наименьшими массогабаритными показателями и высокой степенью надежности. Изделия предприятия используются на всех отечественных летательных аппаратах.

Однако сфера наших интересов не ограничивается авиационной тематикой, и может распространяться на другие отрасли промышленности, нуждающиеся в разработке и производстве высокотехнологичной наукоемкой продукции. Предприятие успешно решает задачи по диверсификации продукции, успешно внедряя свою продукцию в атомную, нефтегазовую отрасли, робототехнику.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗМЫ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ ОАО «ЭЛЕКТРОПРИВОД»

О. И. Овечкин, А. В. Новосёлова, отдел маркетинга
ОАО «Электропривод», г. Киров,
контакт. тел. (8332) 23 2247

В статье предложен для ознакомления неполный перечень продукции разработки ОАО «Электропривод». Опыт и последние наработки предприятия могут быть востребованы в морском судостроении, как в гражданском, так и в военном.

ОАО «Электропривод» разрабатывает и изготавливает комплектные системы электрозапуска газотурбинных двигателей, применяемых в составе газоперекачивающих агрегатов и газотурбинных электростанций. В состав систем входят электрический стартер, блок управления (БУС) и соединительные кабели. Электростартеры спроектированы и изготовлены на базе асинхронных короткозамкнутых электродвигателей с повышенной частотой вращения 12 000 об/мин и более. Они имеют взрывозащищенное исполнение с маркировкой 1ExdIIAT3.

Системы электрозапуска имеют встроенные средства защиты и сигнализации по току, напряжению, от перегрева блока управления и электростартера.

Основные технические характеристики серийно выпускаемых систем электрозапуска (рис. 1) приведены в табл. 1.

Для работы в составе электропривода с высокими динамическими характеристиками и точностью позициониро-



Рис. 1. Электростартер СТЭ-18СТ

вания, удовлетворяющих требованиям исполнительных механизмов универсальных технологических роботов и другого прецизионного металлообрабатывающего оборудования, разработаны вентильные электродвигатели постоянного тока серии ДБМ (рис. 2, табл. 2).

Электродвигатели серии ДБМ удовлетворяют требованиям к плавности и точности хода и имеют высокий удельный момент, низкие энергопотребление и уровень шума и т.д.

Любой управляемый объект – летательный аппарат, газоперекачивающий агрегат или сложнейшая атомная станция – требует для выполнения своих функций различные исполнительные механизмы. Выпускаемые ОАО «Элект-

Таблица 1

Основные технические характеристики серийно выпускаемых систем электрозапуска

Тип электростартера и БУС	СТВД-25Д-9000 с блоком управления БУС-120Т	СТВД-30Д-11Т с блоком управления БУС-160Т	СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ	СТЭ-18СТ-361 с блоком управления БУС-18СТ-361	СТЭ-18СТ-361-1М с блоком управления БУС-18СТ-361-1М	СТЭ-18СТ-АЛ с блоком управления БУС-18СТ-АЛ
Мощность электростартера, кВт	120	160	65	65	65	65
Частота вращения, об/мин:	9000	11 800	2600	2200	2200	4900
Габариты, мм	Ø300×576	Ø300×576	Ø210×450	Ø210×450	Ø210×450	Ø210×450
Габариты БУС, мм	2000×800×400	2000×800×500	1200×800×500	810×586×332	1200×800×500	1200×800×500
Масса электродвигателя, кг	135,5	136	57 (электростартера)			



Рис. 2. Вентильные электродвигатели серии ДБМ

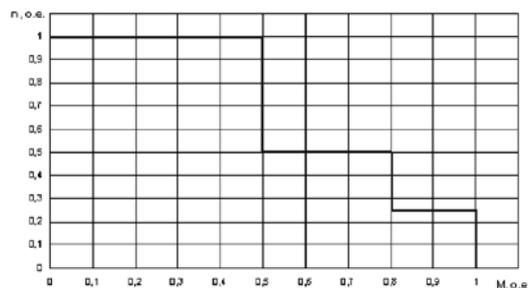


Рис. 3. Нагрузочная диаграмма электродвигателей серии ДБМ

Характеристики моментных вентильных электродвигателей серии ДБМ

Шифр изделия	Напряжение питания, В	Ток, А	Момент, Н·м	Частота вращения, мин ⁻¹	Режим работы	Габариты, мм	Встроенный тормоз		Масса, кг, не более	Температура среды, °С
							Напряжение, В	Момент торможения, Н·м		
ДБМ72-1,1-6	540	2,3	1,1	6000	S3-S8	72x72x175	24	1,2	3,0	+1...+55
ДБМ72-1,6-6	540	3,2	1,6	6000	S3-S8	72x72x175	24	1,8	3,0	+1...+55
ДБМ115-3,2-3	540	3,2	3,2	3000	S3-S8	115x115x187	24	3,5	7,0	+1...+55
ДБМ126-6-3	540	5,9	6,0	3000	S3-S8	126x126x200	24	6,6	10,1	+1...+55
ДБМ142-11-3	540	10,4	11	3000	S3-S8	142x142x226	24	12,1	14,5	+1...+55
ДБМ142-11-4,5	540	16,2	11	4500	S3-S8	142x142x226	24	12,1	14,5	+1...+55
ДБМ142-18-3	540	17	18	3000	S3-S8	142x142x264	24	19,8	18,0	+1...+55
ДБМ192-18-3	540	17	18	3000	S3-S8	192x192x235	24	19,8	24,0	+1...+55
ДБМ192-18-4,5	540	25,6	18	4500	S3-S8	192x192x235	24	19,8	24,0	+1...+55
ДБМ192-27-3	540	25,6	27	3000	S3-S8	192x192x265	24	29,7	29,0	+1...+55
ДБМ192-36-3	540	34,1	36	3000	S3-S8	192x192x295	24	39,6	34,0	+1...+55

Примечания: 1. Электродвигатели допускают работу в указанных режимах в соответствии с нагрузочной диаграммой (рис. 3).

2. Испытаниями подтверждена работа электродвигателей при пониженной температуре окружающей среды минус 55° С.

Таблица 3

привод» электромеханизмы, по типу движения выходного звена делятся на две большие группы: с вращательным движением выходного вала и поступательным движением выходного штока.

Среди однодвигательных электромеханизмов общего применения интерес представляет электромеханизм МРС-1 со встроенным малогабаритным модулем управления. В электромеханизме применен вентильный электродвигатель мощностью 50 Вт.

Основные технические характеристики электромеханизма приведены в табл. 3.

Для привода воздушных заслонок систем кондиционирования воздуха, устанавливаемых на последних поколениях самолетов и вертолетов, разработаны ряды малогабаритных электромеханизмов МПК-21...24А,Б (восемь модификаций), МПК-31...34А,Б (восемь модификаций) и МПК-41...43А,Б (шесть модификаций), характеристики которых приведены в табл. 4.

Основные технические характеристики электромеханизма МРС-1



Рис. 4. Однодвигательный электромеханизм МРС-1

Характеристика	Значение
Напряжение питания постоянного тока, В	27
Нагрузочный противодействующий момент, Н·м (кгс·м)	5,9±0,3 (0,60±0,03)
Частота вращения выходного вала при номинальных значениях напряжения, момента, в нормальных условиях, не менее, с ⁻¹ (об/мин)	1,0 (60)
Масса, не более, кг	2,0
Число оборотов выходного вала, ограниченное конечными микровыключателями, обороты	От 15 до 45, регулируется поставщиком
Режим работы	Повторно-кратковременный
Исполнение	Всеклиматическое



Рис. 5. Малогабаритные электромеханизмы МПК-21...24А,Б, МПК-31...34А,Б, МПК-41...43А,Б

Таблица 4

Основные характеристики электромеханизмов для СКВ

Характеристика	МПК-21	МПК-22	МПК-23	МПК-24	МПК-31	МПК-32	МПК-33	МПК-34	МПК-41	МПК-42	МПК-43
Напряжение питания постоянного тока, В	27										
Номинальный нагрузочный момент, Н·м (кгс·м)	2,0 (0,2)				3,92 (0,4)				5,88 (0,6)		
Частота вращения при номинальном моменте, об/мин	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	2,0	3,5
Угол поворота выходного вала, град.	Вариант А – 90° Вариант Б – 180°										
Масса, кг	0,36				0,64						
Габариты, мм	108 × 70,5 × 60,5				118,5 × 80 × 75						
Исполнение	Всеклиматическое										

Для привода топливных кранов разработаны высокоэффективные электромеханизмы МВД4Е6К, МПК-35, МПК-36, МПК-37 (рис. 6), которые в настоящее время применяются практически на всех современных отечественных самолетах и вертолетах. Основные технические характеристики электромеханизмов приведены в табл. 5.

В системах управления различными рулевыми поверхностями самолета применяются двухканальные (с двумя электродвигателями) электромеханизмы повышенной надежности. Электромеханизмы могут работать как от двух электродвигателей, так и от одного (любого) электродвигателя с половинной частотой вращения выходного вала.

Для автоматизированных электроприводов разработаны и изготавливаются исполнительные электромеханизмы с вентильными электродвигателями: МВ3,5Д25Д; МВ25Д2СМ; МВ5Д5С; МПП(МПЗ)-204 и др. (рис. 7, табл. 6).

Повышенный спрос потребителей существует на разработанные и выпускаемые ОАО «Электропривод» электро-



Рис. 6. Электромеханизмы МВД4Е6К, МПК-35, МПК-36, МПК-37 для привода топливных кранов

Основные технические характеристики электромеханизмов МВД4Е6К, МПК-35, МПК-36, МПК-37

Таблица 5

	МВД4Е6К	МПК-35	МПК-36	МПК-37
Особенности конструкции	-	-	Двухканальный	С муфтой ограничения момента
Напряжение питания постоянного тока, В	27			
Номинальный нагрузочный момент, Н·м (кгс·м)	3,9 (0,4)	9,81 (1,0)	9,81 (1,0)	24,5 (2,5)
Угол поворота выходного вала, град	92	90	90	30 - 180
Частота вращения выходного вала, об/мин	5	5,0	7,5 от 2-х электродвигателей	3,0
Момент срабатывания муфты, Н·м (кгс·м)	-	-	-	34,3-49 (3,5-5)
Масса, кг	0,59	0,71	1,25	1,1
Габариты, мм	108x81x65	148x73,5x64	137x119x72	141x103,5x63
Исполнение	Всеклиматическое			



МВ3,5Д25Д

МВ25Д2СМ

МВ5Д5С

МПП(МПЗ)-204

Рис. 7. Двухканальные электромеханизмы с вентильными электродвигателями

Таблица 6

Технические характеристики электромеханизмов

Напряжение питания, В: переменный ток постоянный ток	115/200 В, 400 Гц, 3-х фазный 27
Нагрузочный момент, Н·м: противодействующий помогающий	От 44,1 до 245 От 20 до 176
Частота вращения, об/мин: при противодействующем моменте при помогающем моменте	От 220 до 380 От 320 до 580
Масса, кг	От 10,4 до 26,3
Исполнение	Всеклиматическое

Таблица 7

Характеристики электромеханизмов поступательного движения

Наименование	Номинальная нагрузка вдоль оси штока, Н (кгс)	Скорость штока номинальная, мм/с	Рабочий ход штока, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
МП1С10А...	98 (10)	10	5...50	35x60x160	0,4
МП1С6А...		6,3			
МП2С4А...		4			
МП4С2,5А...		2,5			
МП4С4А...	392 (40)	4	10...80	41x96x182	0,9
МП4С6А...		6,3			
МП4С10А...		10			
МП10С2,5А...	980 (100)	2,5	20...180	82x107x363	2,7
МП10С4А...		4			
МП10С6А...		6,3			
МП25С4А...		4			
МП25С6А...	2450 (250)	6,3			
МП25С10А...		10			
МП40С3А...	3920 (400)	3,2			
МП40С6А...		6,3			
МП40С10А...		10			

Примечание: напряжение питания постоянного тока 27 В

механизмы с поступательным движением выходного штока.

Созданы базовые конструкции электромеханизмов:

- МП1С с нагрузкой на штоке до 400 Н;
- МП10С с нагрузкой на штоке до 1000 Н;
- МП25С с нагрузкой на штоке до 2500 Н;
- МП40С с нагрузкой на штоке до 4000 Н.

На основе каждой базовой конструк-

ции созданы ряды электромеханизмов, отличающихся выходными характеристиками, расположением конструктивных элементов и др. Электромеханизмы разработаны на высоком техническом уровне, соответствуют современным требованиям по внешним воздействующим факторам, ресурсу и нашли широкое применение практически на всех типах современных самолетов и вертолетов (рис. 8, табл. 7).



Рис. 8. Электромеханизмы поступательного движения

Разработаны и производятся электромеханизмы для привода стеклоочистителей (рис. 9, табл. 8).

Основу любого электромеханизма составляет электродвигатель. Предприятие выпускает электродвигатели переменного тока частотой питающей сети 50 Гц и 400 Гц, постоянного тока с напряжением питания 12, 27, 48 В, вентильные электродвигатели постоянного тока, а также шаговые электродвигатели.

Вентильные электродвигатели имеют большой срок службы, обладают высоким быстродействием, наивысшими энергетическими и массогабаритными показателями (рис. 10, табл. 9). Накопленный опыт в проектировании электрических машин обобщен и формализован в разработанных методиках, отработанных различных конструктивных исполнениях электродвигателей. В данный момент

Характеристики электромеханизмов для привода стеклоочистителей



Рис. 9. Электромеханизмы для привода стеклоочистителей

ведутся работы по расширению ряда вентиляльных электродвигателей с мощностью 20 кВт и более.

В ОАО «Электропривод» успешно ведется научно-исследовательская работа по совершенствованию, внедрению новых конструкторских решений и технологий перспективных электродвигателей и электромеханизмов. На предприятии имеется возможность приемки выпускаемой продукции военным представительством Министерства обороны РФ.

Характеристика	ЭПК-6	ЭПК-5
Род тока: электродвигателя	115/200 В, 3-фазный переменный	115/200 В, 3-фазный переменный
электромагнитной муфты	27 В постоянный	27 В постоянный
Нагрузочный момент, Н·м (кгс·м): номинальный	9,8 (1)	19,6 (2)
максимальный	19,6 (2)	31,4 (3,2)
Частота вращения выходного вала при номинальном нагрузочном моменте, 1/мин:: на малой скорости	60	70
на большой скорости	120	145
Угол качания выходного вала, град: I исполнение	55	68
II исполнение	82	85
Масса, кг	Не более 2,8	Не более 5,5
Габаритные размеры, мм	243×188,5×90	288×187×91
Исполнение	Всеклиматическое	Всеклиматическое



Рис. 10. Вентильные электродвигатели разработки ОАО «Электропривод»

Характеристики вентильных электродвигателей постоянного тока

Таблица 9

Шифр изделия	Напряжение питания, В	Ток, А	Мощность Вт	Частота вращения, мин-1	Режим работы	Габариты, Гхд, мм	Встроенный тормоз		Масса, кг, не более	Температура среды, °С
							Напряжение, В	Момент торможения, Н·м		
ДБ32-25-12	27	3,7 1,4	50 25	7000 12 000	ПКР Д	63×32,9	-	-	0,18	-60...+85
ДБ100-3700-8М	115/200, 400 Гц	17	5000	10 000	ПКР	191×100	27	6,86	5,6	-60...+85
ДБ120-2200-15	270	9,0	2200	15 000	ПКР	170×120	-	-	6	-60...+85
ДБ120-5500-18	270	22	5500	18 000	ПКР	228×120	-	-	8	-60...+85
ДБ120-7500-15	270	35	7500	15 000	ПКР	237×120	-	-	6,8	-60...+85
ДБ80-1100-12	115/200, 400 Гц	7	1270	12 000	ПКР	140×80	27	2,45	2,6	-60...+85
ДБ25-10-15-С40	27	0,8	10	16 000	Д	56×25	27	0,0137	0,14	-60...+85
ДБ50-50-7-Д12	27	3,8	50	7800	ПКР	85×53	27	0,2	0,8	-60...+85
ДБ50-90-8	27	7	90	8000	ПКР	72×50	27	0,294	0,56	-60...+85
ДБ50-160-15	27	12	160	14000	ПКР	72×50	27	0,29	0,6	-60...+85
ДБ50-10-4	27	0,5 0,9	5 10	4300 4000	ПКР	74×55,5	27	0,19	0,6	+5...+85
ДБ80-2200-12	115/200, 400 Гц	12	2300	12 000	ПКР	163×80	27	0,382	3,8	-60...+85
ДБ120-22000-12	115/200, 400 Гц	90	21000	11 000	ПКР	290×120	-	-	12	-60...+85
ДБ100-2200-8	27	155	2600	8800	Д	163×80	-	-	-	-60...+85
ДБ110-900-8	115/200, 400 Гц	5,5 6,3	900 1200	8000 7200	Д ПКР	175×110	27	3,2	4,5	-60...+85
ДБ160-3000-8	115/200, 400 Гц	16 35	3200 5400	8000 6900	Д ПКР	215×158	27	15,6	13	-60...+85
ДБ100-4000-12	115/200, 400 Гц	9 20	1900 4700	11 700 10 260	ПКР	200×101	27	6,8	6	-60...+85
2ДБ32-25-15	27	2,5	25	17 000	Д	55×32	27	0,169	0,19	-60...+85

Примечания: Д – длительный режим работы; ПКР – повторно-кратковременный режим работы.

Приведенный спектр номенклатуры электродвигателей и электромеханизмов разработки и производства ОАО «Электропривод» свидетель-

ствует о широких возможностях их применения в различных наукоемких отраслях, выпускающих высокотехнологичную продукцию.

Мы всегда открыты для взаимного сотрудничества и рассмотрения новых предложений! ■

В последнее время среди специалистов ведется много дискуссий о перспективе внедрения электродвижения на боевые корабли. У этой идеи есть и сторонники и противники. КБ «Вымпел» имеет большой опыт проектирования судов с электродвижением. В статье сделан краткий анализ весовых характеристик систем электродвижения и сравнение с традиционными (конвенциональными) пропульсивными установками.

Экономический эффект от применения электродвижения на судне возрастает с увеличением в эксплуатационном профиле доли маневровых режимов, режимов с частым изменением скорости и направления вращения гребных винтов.

Другим отличием систем электродвижения является то, что их массогабаритные показатели больше, чем у классических механических пропульсивных установок (например, дизель с прямой передачей на винт). В системах электродвижения к классической пропульсивной установке добавляются (в общем случае для одного вала) генератор, секция распределительного щита, трансформатор, преобразователь частоты и гребной электродвигатель. Каждый дополнительный элемент электродвижения вносит дополнительные потери энергии, должен выбираться на полную мощность линии вала, быть способным выдерживать вероятные перегрузки и его необходимо охлаждать. Удельный вес одного киловатта мощности для схем электродвижения с прямой передачей вращающего момента на винт (не на винторулевую колонку) составляет около 15 кг/кВт. Цифра получена как средняя величина для ряда мощностей: от 4 до 12 МВт. Таким образом, для передачи 10 МВт мощности от первичного двигателя к гребному винту через схему электродвижения низкого напряжения (до 1000 В) необходимо дополнительно установить на борт судна около 140 т оборудования. При переходе в схеме электродвижения на среднее напряжение (от 3 до 10 кВ) эта цифра уменьшается до 110 т.

На первый взгляд, сказанное выше должно подтверждать нецелесообразность применения электродвижения на судах, энергоустановки которых проектируются специально для работы в двух режимах: длительного экономического хода и кратковременного хода с максимальной скоростью (например, боевые корабли).

Примером реализации такого подхода являются фрегаты с комбинированной дизель-газотурбинной энергетической установкой, в которой дизель (ДГ) и газовая турбина (ГТ) совместно работают на один вал гребного винта. Энергоустановки такой структуры получили название CODAG CCombined Diesel And Gas turbine – комбинирование дизеля и газовой турбины).

Относительно маломощный двигатель в таких энергетических установках предназначен для длительного экономического хода, а турбина (совместно с дизелем) – для кратковременного

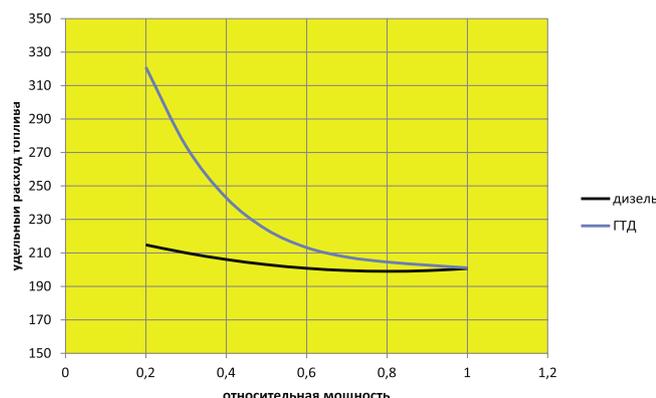


Рис. 1. Удельный расход топлива газотурбинного генератора (ГТГ) и дизель-генератора (ДГ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д. А. Посадов, гл. инженер,
Д. В. Умяров, нач. отдела, ОАО «КБ «Вымпел»,
В. Г. Титов, д-р техн. наук, зав. кафедрой НГТУ им. Р. Е. Алексеева,
 контакт. тел. +7 (831) 412 1763

хода с максимальной скоростью. Необходимость комбинирования дизеля с турбиной связана с топливной эффективностью турбины, особенно в режиме неполной мощности (рис. 1).

Из-за большого различия в мощности дизеля и турбины система CODAG требует специальной коробки передач с изменяемым передаточным числом. Например, на норвежских фрегатах типа «Фридьоф Хансен» коробка передач дизеля работает с отношением 1:7,7 в режиме экономического хода и 1:5,3 при совместной работе с турбиной. В схемах с двумя дизелями и одной турбиной требуется коробка передач с тремя передаточными отношениями.

Сложный передаточный механизм снижает надёжность двигательной установки [2].

В качестве альтернативы системе CODAG предлагается рассмотреть пропульсивную установку с полным электродвижением. В статье будут рассмотрены два варианта структуры гребной электроустановки.

ВАРИАНТ 1. СИСТЕМА «ГЕНЕРАТОР – ДВИГАТЕЛЬ»

Основные задачи при разработке системы:

- сохранить достоинства сочетания свойств дизеля и турбины,
- сохранить скорость хода и дальность плавания судна,
- не превысить массу и габариты исходной пропульсивной установки,
- обеспечить возможность питания судовой электросети от главной электроэнергетической установки.

Жесткие ограничения по массе и габаритам, а также эксплуатационный профиль целевого судна требовали отказаться от традиционной структуры систем электродвижения.

Состав первичных двигателей сохраняется.

Для создания Единой электроэнергетической системы (ЕЭЭС) газовые турбины и дизели снабжаются электрическими генераторами, переводятся в режим работы с постоянной частотой.

Необходимо отметить, что в системах электродвижения в качестве первичных двигателей генераторов используются высокооборотные дизельные двигатели. (Для анализа может быть использован ресурс www.wartsila.com/en/engines).

Одним из преимуществ систем электродвижения в сравнении «классическими» пропульсивными установками является «гибкость» систем передачи электроэнергии (мощности) от первичного двигателя к гребному. Передача электроэнергии от источника к гребным двигателям осуществляется посредством кабелей, отсутствует протяженная валовая линия. Это обеспечивает большую свободу при размещении механизмов ГЭУ, а напряжение 6 кВ позволяет обеспечить удельный вес кабельной трассы всего 3,9 кг/МВт·м.

Представленная на рис. 2 схема энергоустановки включает в себя газотурбогенераторы 2×21 МВт и дизель-генераторы 2×2 МВт. Электроэнергия, вырабатываемая этими источниками, передается на главный распределительный щит, к которому подключаются гребные электродвигатели 2×20 МВт. В качестве движителей использованы два винта регулируемого шага. В качестве примера действующего образца может быть рассмотрен эсминец типа 45 «Daring» Британских ВМС.

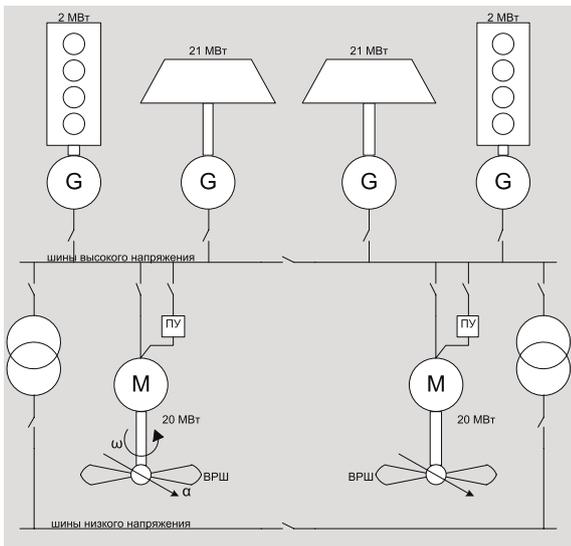


Рис. 2. Схема главного тока. Вариант 1

Перевод пропульсивной установки на электродвижение позволил исключить из нее механический редуктор и межредукторную передачу, роль которых выполняет главный распределительный щит.

Возможные комбинации источников электроэнергии и мощность на гребных винтах показаны на рис. 3.



Рис. 3. Возможные комбинации источников электроэнергии

Главный распределительный щит электроэнергии высокого напряжения позволяет включить один ГТГ на два ГЭД.

Режимы хода судна на низких скоростях могут быть обеспечены только дизель-генераторами, турбогенераторы можно не задействовать.

Отличаем схемы главного тока на рисунке 2 от схем главного тока ледоколов, судов-снабженцев, буксиров и других судов, на которых применяется электродвижение, является отсутствие устройства, регулирующего скорость вращения ГЭД – преобразователя частоты. Вместе с преобразователями частоты из схемы исключены согласующие трансформаторы ГЭД.

Регулирование скорости движения судна осуществляется изменением угла разворота лопастей гребных винтов.

Процесс разгона гребного вала с нулевой скорости показан на рис. 4.

Пуск гребных электродвигателей и разгон до номинальной частоты вращения ω_n происходит с помощью пускового устройства ПУ. Угол разворота лопастей гребного вала α при этом равен нулю. Благодаря этому момент сопротивления гребного вала вращающему моменту ГЭД невелик и для разгона ГЭД достаточно поддерживать ток в его статорных обмотках, значительно меньше номинального, что позволяет применять пусковое устройство малой мощности (5–10% мощности ГЭД).

Разогнав ГЭД до угловой скорости ω_n , пусковое устройство ПУ можно шунтировать, вывести из цепи главного тока.

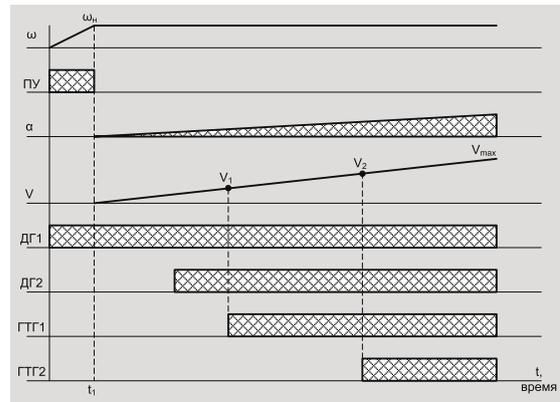


Рис. 4. Процесс разгона гребных винтов V – скорость движения судна

Плавное увеличение угла разворота лопастей винта α , можно разогнать судно до скорости V_1 , являющейся максимально возможной при питании ГЭД от дизель-генераторов ДГ1, ДГ2. Для придания судну скорости больше V_1 необходимо включить в цепь один газотурбинный генератор ГТГ. Для придания судну скорости более V_2 необходимо включить в цепь второй ГТГ.

По винтовым характеристикам судна (рис. 5) можно определить мощности, необходимые для обеспечения хода судна с заданными скоростями: экономической, полной, специальной и пр.

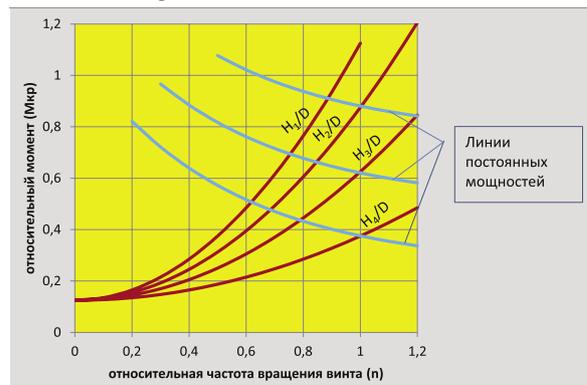


Рис. 5. Винтовые характеристик судна с ВРШ

С учетом эксплуатационного профиля, требуемых скоростей (мощностей), удельных расходов топлива ГТГ и ДГ можно определить состав источников электроэнергии гребной электроустановки.

Гибкость электрической схемы позволяет использовать один ГТГ для обеспечения хода со скоростями в диапазоне $V = [V_1 \cdot V_2]$, что невозможно в схеме CODAG с двумя турбинами и эшелонным расположением машинных отделений без дополнительных межредукторных передач.

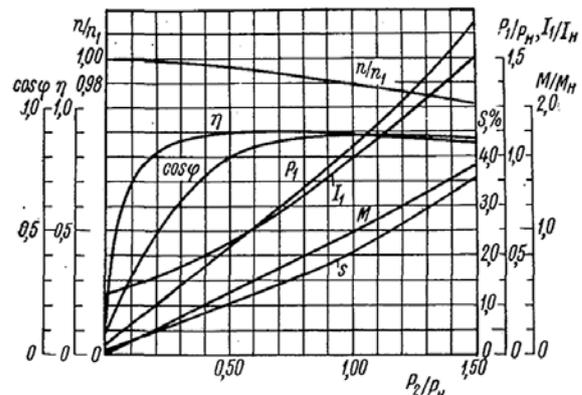


Рис. 6. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

Рабочие характеристики асинхронного двигателя показаны на рис. 6.

На рис. 6 хорошо видно, что при низкой нагрузке у асинхронного двигателя ухудшаются коэффициент мощности и КПД. Оптимизировать эти характеристики двигателя можно, используя тандем – два двигателя, работающие на один вал. Это позволит «держать» нагрузку гребного асинхронного двигателя P_2/P_n не ниже 40%.

ВАРИАНТ 2. ПРЯМАЯ ПЕРЕДАЧА ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА НА ВИНТ

Задачи, стоящие при разработке схемы, те же, что и в варианте 1.

Структура показана на рис. 7.

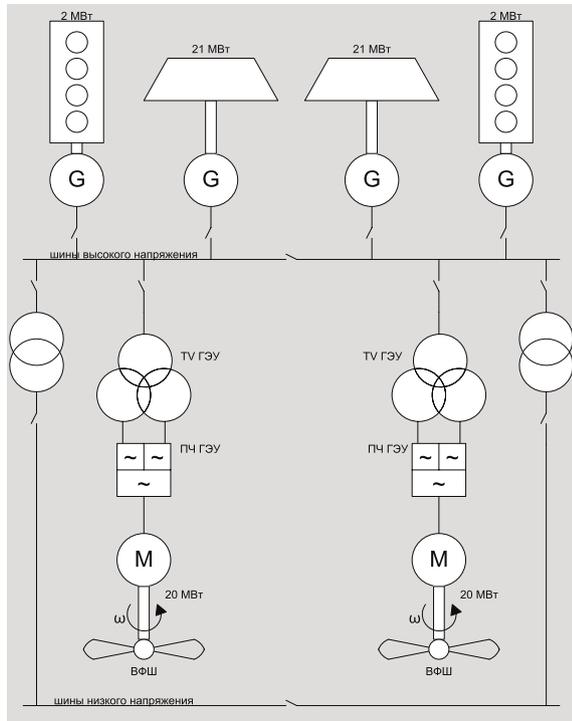


Рис. 7. Схема главного тока. Вариант 2

В состав ГЭУ входят гребные двигатели, управляемые преобразователями частоты, согласующие трансформаторы и щит электродвижения.

Процесс разгона гребных винтов показан на рис. 8.

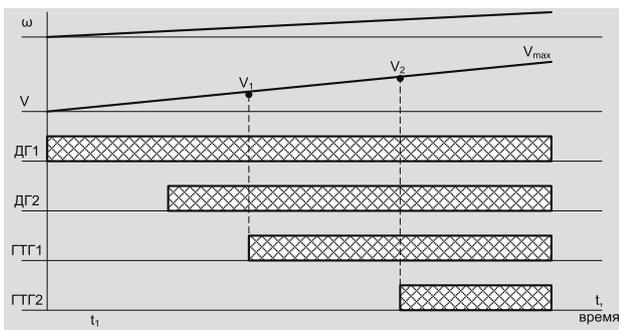


Рис. 8. Процесс разгона гребных валов

Гребная электроустановка такой структуры применена КБ «Вымпел» на судах пр. 745 Мб, по которым построены два судна: одно на ОАО «Зеленодольский завод им. А. М. Горького» и одно на ОАО «Ярославский завод».

ГЭУ такой структуры обладает всеми преимуществами частотного электропривода:

- плавное регулирование скорости вращения электродвигателя;

- разгон и торможение двигателя осуществляются плавно, при необходимости по линейному закону от времени;
- возможность работы привода с полным моментом двигателя в области нулевых частот, поддержания скорости при переменной нагрузке, точно контролировать момент на валу двигателя;
- сбережение электроэнергии устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования дросселированием, с помощью гидромфут и других механических регулирующих устройств [4].

Необходимо отметить, что масса гребного электродвигателя в ГЭУ такой структуры составляет 70–80% общей массы оборудования ГЭУ. Причинами являются низкая частота вращения ГЭД, большое количество полюсов.

Основным отличием первого и второго вариантов является то, что тяга (мощность) гребного винта регулируется в первом варианте изменением шага винта, во втором – изменением частоты вращения ГЭД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для заключительного сравнения вариантов предлагается график на рис. 9.

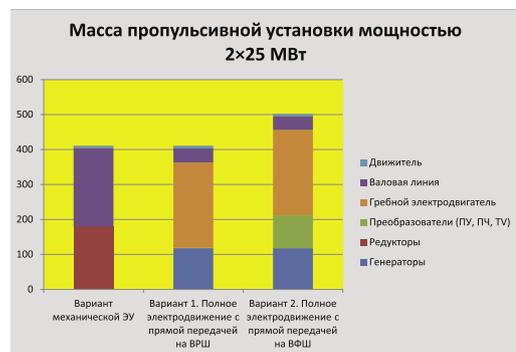


Рис. 9. Сравнение вариантов пропульсивной установки по массе

При этом первичные двигатели не учтены как равнозначные для всех вариантов; масса валовой линии и редукторов приняты ориентировочно для фрегата водоизмещением 4500 т, максимальной скоростью 29 уз, общей длиной валовых линий ок 90 м.

Как видно из рис. 9, ГЭУ структуры варианта 1 (рис. 2) вполне конкурентоспособна по массе механической пропульсивной установке.

Приведенные выше сведения позволяют сделать следующие выводы о предложенной структуре системы электродвижения с ВРШ:

- система электродвижения имеет массу, близкую к массе механической пропульсивной установки;
- электрическая главная энергоустановка судна повышает возможности судна по использованию потребителей электроэнергии большой мощности, соизмеримой с мощностью ГЭУ;
- возможность оптимизации загрузки первичных двигателей позволяет ожидать экономии топлива и повышения автономности судна;
- простота устройства гребной электроустановки повышает ее надежность и облегчает ее обслуживание;
- для создания системы электродвижения с ВРШ достаточно возможностей отечественных промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев К. Г. Энергетические установки кораблей с электродвижением // Морской вестник. – 2013. – № 2. – С. 38.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/CODAG>
3. Вольдек А.И. Электрические машины. – 1978.
4. В.А. Лукас. Преимущества применения частотных преобразователей. Берлин, 2010. ■

Используемая специалистами терминология допускает достаточно произвольную трактовку терминов «электроснабжение» и «электропитание», часто их используют даже просто как синонимы. Тем не менее в ряде случаев между ними есть принципиальная разница. Электроснабжение осуществляется по единому интерфейсу, а именно, для широкого спектра разнородных потребителей организуется среда электроснабжения (переменного, постоянного или двойного рода тока) с параметрами около 3×380 В, 50 Гц или/и = 175–320 В заданного качества, универсальная для всех типов корабельной нагрузки. То есть понятие «электроснабжение» связано с системой генерирования электроэнергии, понятие же «электропитание» – с системой потребления электроэнергии на корабле, а именно: для каждого из потребителей осуществляется преобразование универсального интерфейса среды, поддерживаемого системой электроснабжения в интерфейс потребителя.

Организация систем централизованного электропитания (СЦП) комплексных систем управления (КСУ) техническими средствами (ТС) кораблей уже в 60-х гг. XX в. привело к осознанию специалистами факта появления на кораблях нового типа нагрузки [1], которую в судостроении принято называть «электронной»* [2]. В качестве особенности этого типа нагрузки всегда отмечался ее комплексный характер [3, 4], принципиально позволяющий обеспечить значение коэффициента реактивной мощности не выше $\cos \varphi \leq (0,8-0,85)$, а также нелинейный характер этой нагрузки.** Развитие систем силовой электроники и регулируемого электропривода привело к сокращению числа (ранее преобладавших на корабле) потребителей «двигательной» и «осветительной» («нагревательной») нагрузки. Фактически потребителями корабельной системы электроснабжения стали электронные системы электропитания.

Преобладание на корабле электронной нагрузки приводит к необходимости нового подхода к «работе с нагрузкой», заключающемся в применении специальных мер по ее линеаризации.

* С 90-х гг. прошедшего века в технической литературе (в работах, не связанных с кораблестроением) этот тип нагрузки стали называть «компьютерной». Считается, что для компьютерных нагрузок соотношение полной S и активной P мощностью составляет $S/[В \cdot А] = 1,4 P [Вт]$.

** Напомним, что *линейной* называют только ту нагрузку, которая потребляет синусоидальный ток, любая другая нагрузка является нелинейной. Степень линейности нагрузки характеризует показатель λ – коэффициент мощности.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ: РАБОТА ПО ИСПРАВЛЕНИЮ НАГРУЗКИ

Ю. А. Губанов, д-р техн. наук, проф., нач. отдела

ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,

К. В. Жданов, вед. специалист,

А. Г. Сотников, аспирант, ОАО «Системы управления и приборы»,

Д. С. Муликов, аспирант ТУСУР,

контакт. тел. 8 (911) 825 1314

НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

До середины 80-х гг. XX в. серьезный анализ нагрузочных характеристик потребителей СЦП не проводился, что было связано прежде всего с чисто защитно-распределительным характером первых поколений СЦП, а также с тем, что все внимание уделялось обеспечению параметров электроэнергии, а осознание важности параметров качества электроэнергии находилось в самом зачаточном состоянии.

Все изменилось с широким появлением на кораблях средств силовой электроники, и прежде всего, с началом эпохи бесперебойного электропитания [2, 4]. Применение в составе СЦП агрегатов бесперебойного электропитания (АБП) резко повысило актуальность анализа нелинейных характеристик нагрузки, полностью изменило отношение к проблемам искажения синусоидальности тока (рис. 1), влиянию кондуктивных низкочастотных помех, появлению помех радиочастотного диапазона [5].

Наглядно иллюстрируемое на рис. 1 явление сильнейшего (по всей видимости, более 50%!) искажения нагрузкой формы кривой тока на фоне мало изменяемой формы кривой напряжения источника заставило специалистов на практике вновь вспомнить о таких понятиях, как *иммиттанс*,*** *импеданс***** и *адмиттанс****** (о которых ранее вспоминали лишь в связи с чисто теоретическими вопросами электротехники). Предлагаем вспомнить кое-что о самих этих понятиях и об их связи с нагрузочными характеристиками корабельных электронных систем.

***Иммиттанс (*immittance*: проволочу, продеваю) – обобщающее понятие для полного (комплексного) сопротивления – импеданса и полной (комплексной) проводимости – адмиттанса.

****Импеданс (*impedance*: комплексное сопротивление) понятие, введенное О. Хевисайдом в 1886 году, – полное (комплексное) сопротивление двухполюсника для гармонического сигнала.

*****Адмиттанс (*admittance*: пропускать, впускать) – полная комплексная проводимость двухполюсника для гармонического сигнала.

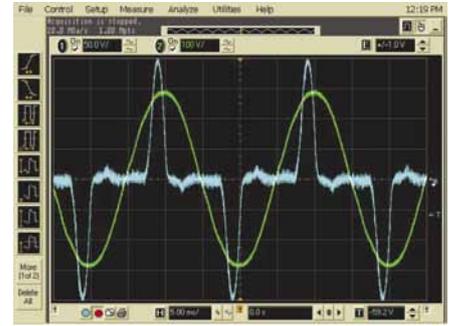


Рис. 1. Оциллограммы напряжения (зеленая линия) и тока (голубая линия), полученные при работе АБП на выпрямительную нагрузку КСУ ТС

Понятно, что при питании переменным током свойства реактивных элементов существенно отличаются от свойств чисто активной нагрузки. Наличие свойств проводимости у реактивных составляющих нагрузки***** не позволяет применять понятие сопротивления, поскольку сопротивление предполагает постоянное, не зависящее от времени соотношение тока и напряжения, т. е. отсутствие фазовых сдвигов тока и напряжения. Необходимо иметь некоторую характеристику и для реактивных элементов, которая бы при любых условиях связывала ток и напряжение на них подобно сопротивлению. Сразу заметим, что для этого целесообразно рассмотреть свойства реактивных элементов при гармонических воздействиях на них. В этом случае ток и напряжение оказываются связаны некоей стабильной константой (подобной в некотором смысле сопротивлению), которая и получила название *электрический импеданс* (или просто *импеданс*). При рассмотрении импеданса используется комплексное представление гармонических сигналов, поскольку именно оно позволяет одновременно учитывать и амплитудные, и фазовые характеристики сигналов и систем.

Итак, *импедансом* $\hat{z}(j\omega)$ называют отношение комплексной амплитуды

*****Напомним, что при питании постоянным током на элементах, определяющих реактивность нагрузки, наблюдается следующая картина: напряжение на катушке индуктивности и ток через конденсатор в установившемся режиме равны нулю.

напряжения гармонического сигнала, прикладываемого к двухполюснику, к комплексной амплитуде тока, протекающего через двухполюсник. При этом импеданс не должен зависеть от времени: если время t в выражении для импеданса не сокращается, значит для данного двухполюсника понятие импеданса неприменимо.

$$\hat{z}(j\omega) = \frac{\hat{u}(j\omega, t)}{\hat{i}(j\omega, t)} = \frac{U(\omega)e^{j(\omega t + \varphi_u(\omega))}}{I(\omega)e^{j(\omega t + \varphi_i(\omega))}} = \frac{U(\omega)e^{j\varphi_u(\omega)}}{I(\omega)e^{j\varphi_i(\omega)}} = \frac{\hat{U}(j\omega)}{\hat{I}(j\omega)},$$

где j – мнимая единица; ω – циклическая частота; $U(\omega)$, $I(\omega)$ – амплитуды напряжения и тока гармонического сигнала на частоте ω ; $\varphi_u(\omega)$, $\varphi_i(\omega)$ – фазы напряжения и тока гармонического сигнала на частоте ω ; $\hat{U}(j\omega)$, $\hat{I}(j\omega)$ – комплексные амплитуды напряжения и тока гармонического сигнала на частоте ω .

Если рассматривать комплексный импеданс как комплексное число в алгебраической форме, то его действительная часть соответствует активному сопротивлению, а мнимая реактивному. То есть двухполюсник с импедансом $\hat{z}(j\omega)$ можно рассматривать как последовательно соединенные резистор с сопротивлением $R(\hat{z}(j\omega))$ и чисто реактивный элемент с импедансом $J(\hat{z}(j\omega))$.

Введение импеданса позволяет описывать поведение двухполюсника с реактивными свойствами при воздействии на него гармонического сигнала. Для негармонического сигнала импеданс применяется столь же успешно. Для этого сигнал раскладывается на спектральные компоненты при помощи ряда Фурье или преобразования Фурье и рассматривается воздействие каждой спектральной компоненты. Вследствие линейности двухполюсника сумма откликов на спектральные компоненты равна отклику на исходный негармонический сигнал.

Под *адмиттансом* понимают величину, обратную импедансу:

$$\hat{Y} = \frac{1}{\hat{Z}} = \frac{1}{R + jX} = G + jB = |\hat{Y}| e^{j\text{arg} \hat{Y}},$$

где \hat{Z} – импеданс; G – действительная составляющая; B – мнимая составляющая.

Действительная и мнимая составляющие адмиттанса связаны с составляющими импеданса следующим образом:

$$G = \frac{R}{R^2 + X^2}; B = \frac{-X}{R^2 + X^2},$$

где R и X – соответственно активная и реактивная составляющие импеданса.

Абсолютное значение адмиттанса равно квадратичной сумме составляющих: $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$.

Закон Ома при использовании комплексной проводимости записывают в виде $\hat{I} = \hat{U}Y$, или $\hat{I} = \hat{U}G - j\hat{U}B = \hat{I}_A + \hat{I}_R$, где \hat{I} – сила тока; \hat{I}_A и \hat{I}_R – активная и

реактивная составляющие тока; \hat{U} – напряжение на участке цепи.

Одним из важнейших показателей при рассмотрении комплексной нагрузки является коэффициент мощности (безразмерная физическая величина, являющаяся *энергетической характеристикой электрического тока*), который традиционно практики* обозначают, как $\cos \varphi$, и вычисляют так, как показано на векторной диаграмме (рис. 2).

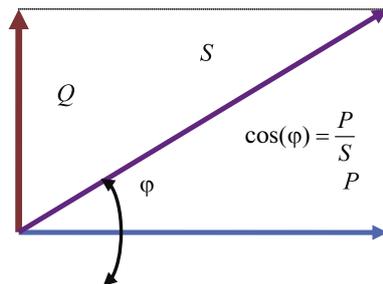


Рис. 2. Вычисление $\cos(\varphi)$, где S – полная мощность, P – активная мощность, Q – реактивная мощность

Отметим, что сама диаграмма и приведенная к ней формула безупречны, как с точки зрения практических вычислений, так и с точки зрения теории, возникает только вопрос, как правильно определить величину S для нелинейной комплексной нагрузки. В современном понимании величина S определяют, исходя из следующего соотношения:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2,$$

где $D(B-A)$ – фактор снижения полезной мощности** (departing factor), вызванно высшими гармониками (рис.3).

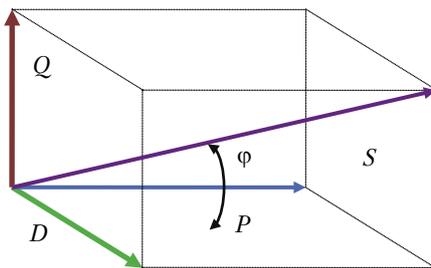


Рис. 3. Определение полной мощности с учетом фактора D

Очевидно, что значение $\cos \varphi$ с учетом фактора D (рис. 3) иное, чем без учета (см. рис. 2). В связи с этим, в настоящее время для исключения путаницы, в литературе для цепей с нелинейной нагрузкой используют обозначение коэффициента мощности – PF (как сейчас модно, в англоязычной транскрипции), что соответствует обозначению λ , ранее используемому для этой цели в теоретической электротехнике.

* Сегодня же следует учитывать, что только в случае синусоидальных напряжения и тока величина коэффициента мощности совпадает с косинусом угла, на который отстают соответствующие фазы.

** Если нагрузка не имеет реактивной составляющей ($Q = 0$), S отнюдь не совпадает с P , а коэффициент мощности равен доле мощности первой гармоники тока в полной мощности, потребляемой нагрузкой, и равен коэффициенту искажений тока.

В связи с отмеченной выше ролью λ как энергетической характеристики электрического тока, стоит заметить следующее: все источники СЦП (кроме аккумуляторов) по своей сути – источники напряжения, а (как видно, например, на рис. 2) источники высших гармоник проявляются как источники тока. Действующие стандарты регламентируют величину нелинейных искажений через такие показатели, как коэффициент искажения синусоидальности*** (он же коэффициент несинусоидальности) – $Ku \leq 10\%$, где

$$Ku = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{200} U_n^2}}{U_c} 100\%.$$

Если Ku – коэффициент искажения синусоидальности по напряжению, то выражение

$$Ki = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{200} I_n^2}}{I_c} 100\%$$

представляет собой коэффициент искажения синусоидальности по току. Очевидно, что на нагрузке (см. рис. 1) искажения по току достигают значительно более высоких величин, чем Ku .

Сближение показателей Ku и Ki возможно при проведении дополнительной работы с нагрузкой. Одним из современных способов такой работы является подключение корректоров коэффициента мощности (ККМ). В идеале действие ККМ должно привести к тому, что со стороны корабельной сети электроснабжения прибор (блок) силовой электроники будет выглядеть как чисто активная нагрузка, подобно утюгу или лампе накаливания.

КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В КОРАБЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Рассматривая проблему энергоэффективности более широко, необходимо отметить, что вопрос компенсации реактивной мощности был и остается одним из основных при решении проблем обеспечения эффективных способов энергосбережения на промышленных предприятиях [6].

В бытовых и промышленных сетях указанные цели до некоторого момента времени достигались с помощью пассивных методов компенсации реактивной мощности – использования источников реактивной мощности, среди которых применение находили статические тиристорные компенсаторы, а также конденсаторные установки. К преимуществ-

*** В англоязычной транскрипции *искажение синусоидальности* – *Distortion, m.e.* любое отклонение от нормальной синусоиды для параметра в сети переменного тока, а THD (Total Harmonic Distortion – буквально суммарное значение коэффициента нелинейных искажений) и есть коэффициент искажения синусоидальности кривой: напряжения – THDV и тока – THDI.

Стандарты, нормирующие гармонический состав токов

Международный стандарт	Европейский стандарт	Национальный стандарт	Наименование
IEC 1000-3-2			Ограничения гармоник для низковольтных устройств с током до 16А.
IEC 610003-2:2000	EN 610003-2:2000	СТБ ГОСТ Р 51317.3.2-2001	Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний
IEC 610003-12:2000	EN 610003-12:2000	СТБ ГОСТ Р 51317.3.12-2001	Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение гармонических составляющих тока, создаваемых техническими средствами с потребляемым током более 16 А, но не более 75 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения общего назначения. Нормы и методы испытаний

вампассивных корректоров коэффициента мощностиможно отнести: низкую стоимость, простоту, отсутствие высокочастотных помех и динамических (коммутационных) потерь. Основными недостатками являются: плохие удельные массогабаритные и динамические характеристики (инерционность), невозможность их использования при изменяющейся нагрузке и импульсной форме тока, ограниченный коэффициент мощности, отсутствие возможности регулирования выходного напряжения [7, 8].

Поскольку в составе потребителей современных системы электропитания (в том числе корабельных) в большинстве своем используются импульсные устройства, в значительной степени искажающие гармонический состав потребляемого тока, для улучшения его гармонического состава целесообразно использование активного корректора коэффициента мощности (ККМ). При помощи ККМ возможно не только повысить значение λ до 98–99 %, но и обеспечить заданный уровень постоянного напряжения на выходе ККМ, т.е. на входе потребителей [9].

В корабельных сетях электроснабжения гармонический состав тока прежде всего влияет на режимы работы генераторных установок. При больших составляющих пульсаций тока нагрузки появляются пульсации механического момента, что приведет к повышению шумов и снижению срока службы. Высокочастотная составляющая токов увеличивает потери в магнитопроводе и обмотке генератора, что ухудшает КПД и увеличивает габариты.

В настоящее время разработаны и внедрены стандарты для потребителей в бытовых и промышленных сетях, которые нормируют гармонический состав токов с целью снижения негативного

влияния на питающую сеть. В табл. 1 приведен перечень данных стандартов.

Указанные стандарты до настоящего времени не распространялись на оборудование, устанавливаемое на кораблях ВМФ РФ. Однако это положение меняется, проектанты кораблей предъявляют, например, следующие требования по гармоническому составу входного тока:

Коэффициент неравномерности потребляемого тока, %.....	5
Гармонические составляющие тока, потребляемого из сети, %:	
5-я гармоника	1
7-я гармоника	1
11-я гармоника.....	8
13-я гармоника.....	7

Проведенный анализ основных характеристик АБП и ИБП известных мировых производителей, предназначенных для бытовых и промышленных сетей, показал, что для соответствия международным стандартам по эмиссии гармоник в сеть (см. табл. 1) используются ККМ, позволяющие продукции данных фирм обеспечивать следующие показатели:

- искажения входного тока $< 3-5\%$;
- входной коэффициент мощности $> 0,99$.

Однако необходимо отметить, что схемотехническая реализация ККМ в сетях электропитания с нейтральным проводом (используемой в промышленности и быту) легче, чем в корабельной, так как наличие нейтрального провода позволяет построить трехфазный ККМ из трех однофазных, синхронизированных между собой.

Построение ККМ для применения в трехфазной сети без нейтрального провода (судовой сети электропитания) является трудной задачей, для решения которой необходимо применять более сложные схемотехнические решения.

Наиболее известной топологией для данного применения, является классическая схема трехфазного управляемого выпрямителя. Однако существуют и другие схемотехнические решения, характеристики которых приведены в табл. 2 [10, 11].

Во всех топологиях, за исключением топологии, приведенной в первом столбце, выходное напряжение составляет 800 В. Такое высокое напряжение усложняет построение дальнейших узлов преобразования энергии и делает

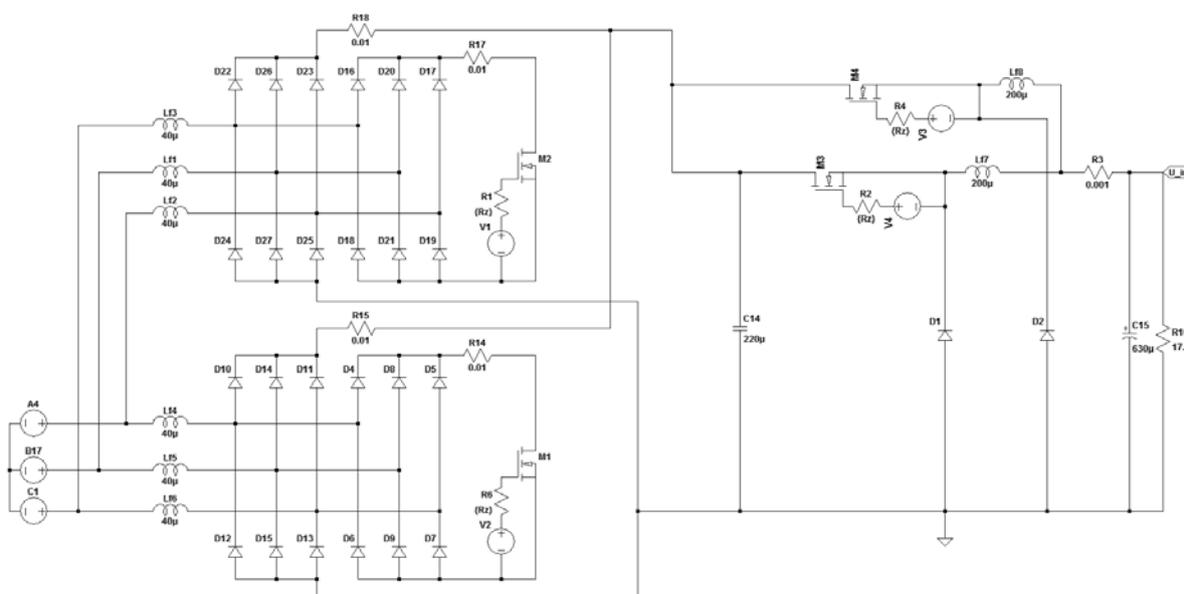


Рис. 4. Имитационная модель силовой цепи ККМ по топологии 1

Варианты схемотехнических решений²

Параметр	Повышающая с постоянной соответствующей тока в дросселе	Венна выпрямитель	Одноключевая повышающая с прерывистым током в дросселе	Двухключевая повышающая с прерывистым током в дросселе
Мощность, кВт	6	6	6	6
Силовые ключи	3	3	2	4
Выпрямительные диоды	12	12	-	-
Импульсные диоды	3	6	16	16
Выходное напряжение, В	400	800	800	800
Напряжение на силовых ключах, В	400	400	800	400
I_{avg} силовых ключей, А	5.5/3.2	5.5/3.2	4.9/2.3	5.5/2.5
Ток выпрямительных диодов, А	4.1	4.1	-	-
Ток импульсных диодов, А	5	2.5	4.1(входные) – 3.75(выходные)	4.1(входные) – 3.75(выходные)
Ток выходного конденсатора, А	5.5	5.6	4.75	4.75
Емкость/Энергия выходного конденсатора, мкФ/Дж	3x660/158	2x230/37	36/12	2x136/22
THD (%)	-	-	12.7	8.8
КПД (при 40 кГц), %	91	97	95.8	97.4
Контроль мгновенных значений тока	Да	Да	Нет	Нет
Сложность системы управления	Высокий	Высокий	Низкий	Низкий

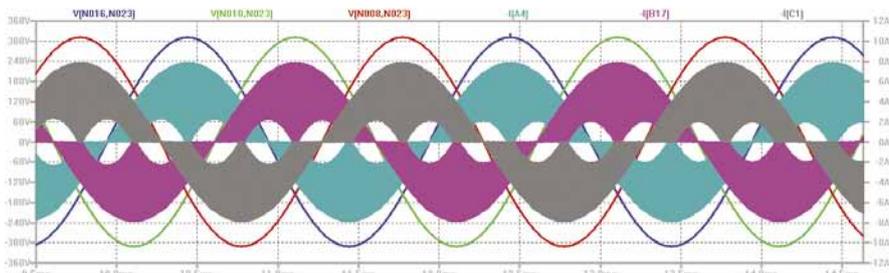


Рис. 5. Напряжения трех фаз и токи, потребляемые из сети

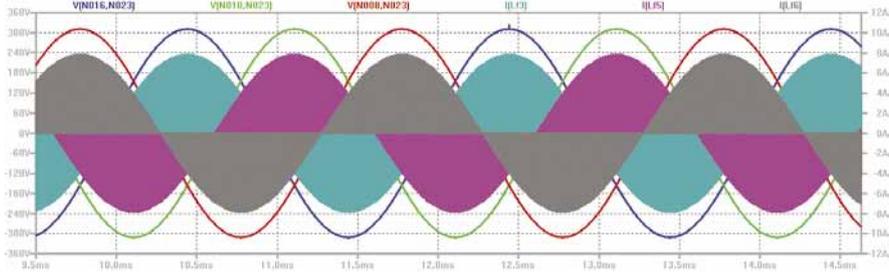


Рис. 6. Напряжения трех фаз и токи во входных индуктивностях

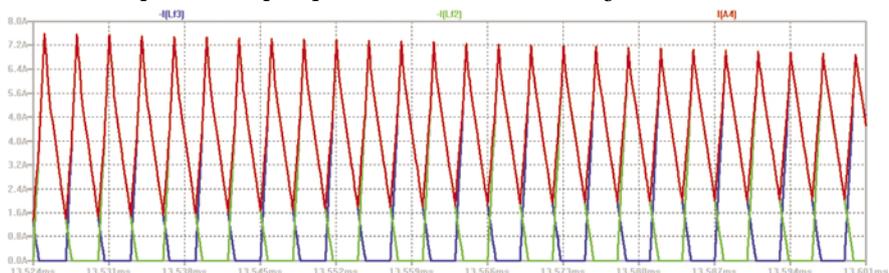


Рис. 7. Фрагмент токов входных индуктивностей и тока, потребляемого из сети одной из фаз

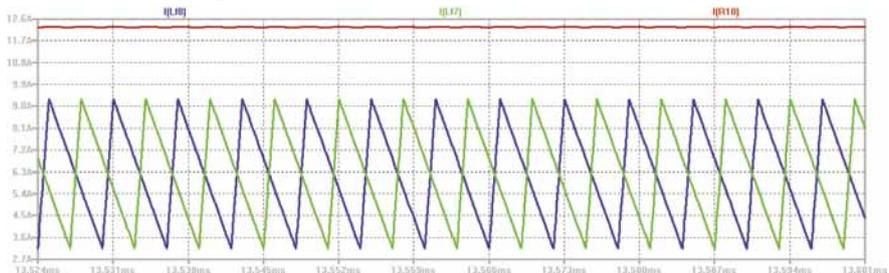


Рис. 8. Токи индуктивностей выходного фильтра понижающего преобразователя и ток нагрузки

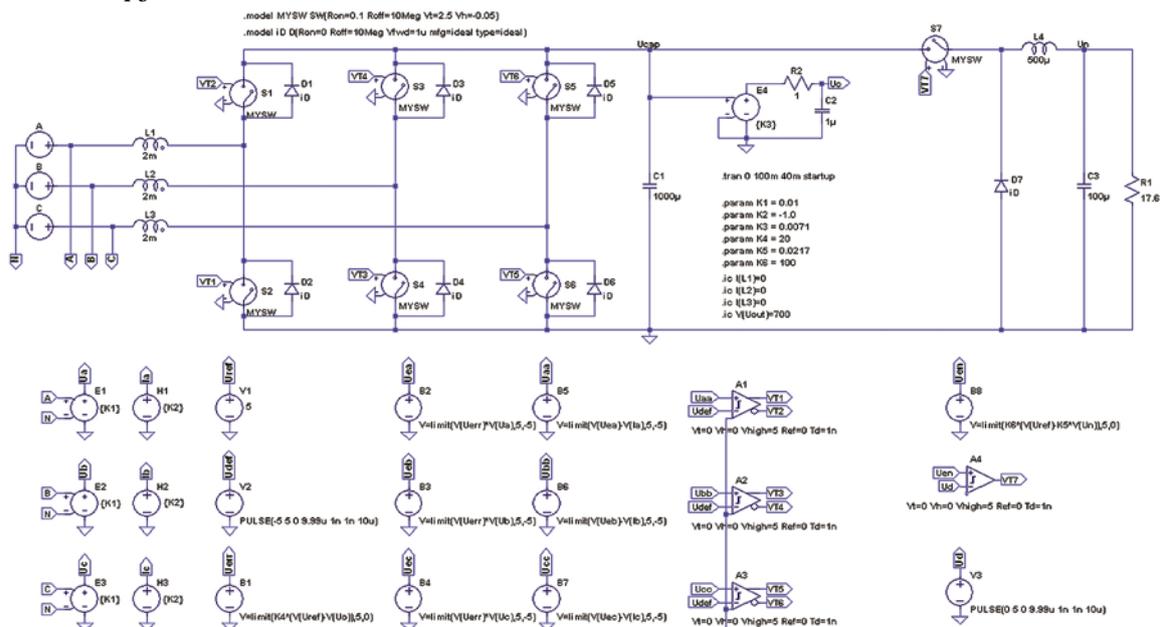


Рис. 9. Имитационная модель силовой цепи ККМ по топологии 2

невозможным применение высокоэффективных MOSFET и IGBT транзисторов, максимальное напряжение которых в данные момент не превышает 650 В.

Топология на основе повышающего преобразователя с постоянной составляющей тока дросселя обеспечивает выходное напряжение на уровне 400 В, однако это достигается путем применения DC/DC преобразователя, что заметно усложняет и удорожает конструкцию ККМ, а также значительно снижает КПД.

Снижение значения выходного напряжения ККМ, работающего от трехфазной сети 380 В, возможно путем применения понижающего преобразователя напряжения (ППН).

В целях получения качественной оценки условий работы всех элементов силовых цепей ККМ с ППН и определения общего КПД выполнено имитационное компьютерное моделирование двух топологий. Топология 1 – усовершенствованная одноключевая повышающая с прерывистым током в дросселе (рис. 4). Топология 2 – классическая схема трехфазного управляемого выпрямителя (рис. 9).

Ниже, на рис. 5–8 и рис. 10–12, приведены результаты проведенного имитационного моделирования для рассматриваемых топологий 1 и 2 построения ККМ.

Результаты моделирования топологии 1 показывают, что данная структура ККМ и ППН работоспособна, но пульсации входного тока велики и требуют введения в модель схемы замещения энергетического фильтра с целью расчета его электрических и массогабаритных показателей.

Результаты моделирования топологии 2 показывают, что в данной струк-

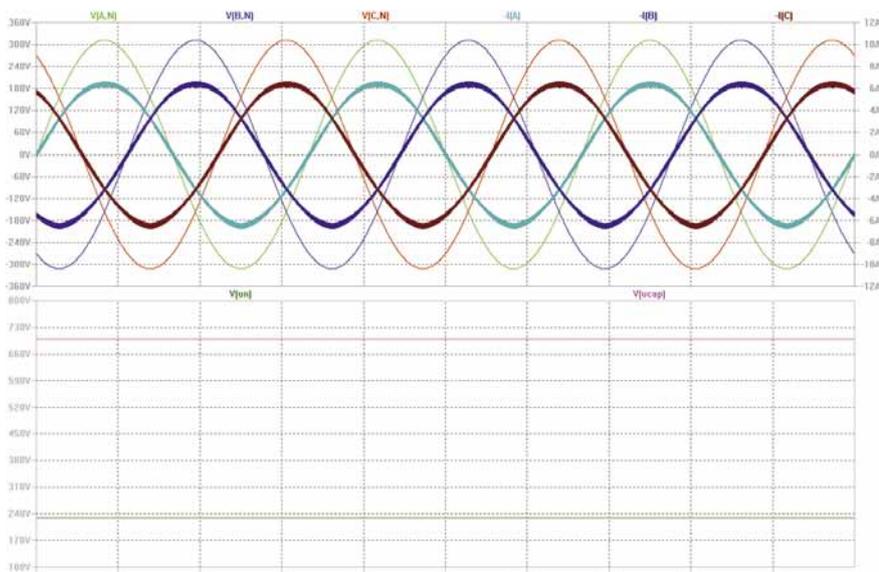


Рис. 10. Напряжения фаз $V(A)$, $V(B)$, $V(C)$ и соответствующие им токи $I(A)$, $I(B)$, $I(C)$, напряжение на выходе шестипульсового ККМ $V(u_{кар})$ и напряжение $V(u_n)$ на выходе понижающего преобразователя

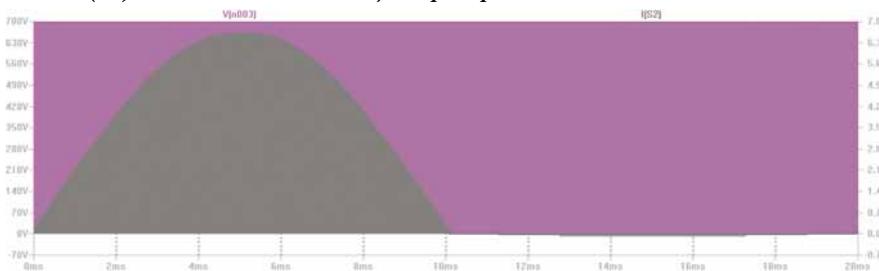


Рис. 11. Фрагменты напряжения $V(u003)$ и тока $I(S2)$ транзисторов ККМ на частоте коммутации и на периоде частоты сети

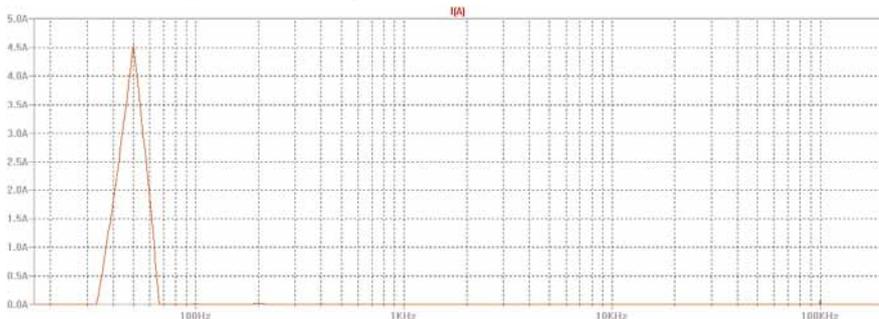


Рис. 12. Спектральный состав потребляемого из сети тока

туре трехфазного корректора коэффициента мощности высокочастотные пульсации входного тока значительно ниже и обеспечивают высокий уровень энергоэффективности. Расчет спектрального состава (см. рис. 12) показывает, что в потребляемом токе, при принятых в схеме параметрах частоты переключения транзисторов и величине индуктивностей L1-L3, содержатся основная гармоника амплитудой 4,5 А и четные гармоники с частотами 100, 200, 400 Гц, амплитуды которых не превышают 100 мА, а также гармоники с частотой коммутации 100 кГц и кратных ей. Расчетный КПД при понижении выходного напряжения до 230 В составляет более 95 %, что дает основание считать применение данной топологии весьма перспективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение корректоров коэффициента мощности в изделиях морской техники, несомненно, целесообразно при комплексном решении вопроса о разработке корабельных систем электроснабжения. Требования по гармоническому составу тока потребителей прежде всего должны предъявляться к мощным потребителям, вносящим наибольшие искажения в сеть. В свою очередь, интеграция активного корректора коэффициента мощности с электрооборудованием, определяющим сегодня состав корабельной нагрузки, в частности с существующей структурой статических преобразователей и систем вторичного электропитания целесообразна и вполне возможна. Очевидно, что оснащение нагрузки корректорами

коэффициента мощности приведет к улучшению качества корабельной электроэнергетической сети, учитывая готовность разработчиков силовой электроники и систем электропитания к реализации создания и внедрения ККМ, это обстоятельство не может быть оставлено без внимания проектантами кораблей.

Поднимая в настоящей статье актуальные вопросы проведения работ по оптимизации характеристик корабельной нагрузки, авторы отнюдь не претендуют на всестороннее освещение вопросов внедрения ККМ, но считают эту статью серьезным поводом для открытой дискуссии специалистов по всему спектру рассматриваемых вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов Ю.А. Централизованное электропитание корабельных систем управления // Электрическое питание: Науч.-техн. журнал. – 2002. – №3. – С.43–46.
2. Он же. Развитие корабельных систем бесперебойного электропитания. – Докл. науч.-практич. конфер. «Проблемы автоматизации надводных кораблей» / ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб., 2009, с. 84–92.
3. Gubanov Yu.A. Power electronics in ship electric power systems: new generation of units of a uninterrupt power supply. – Third International Conference «Navy and Shipbuilding Nowadays», 21st Century challenges for naval shipbuilding industries and navies. NSN 2003 / Proceeding Krylov Shipbuilding Research Institute. St. Petersburg, 2003, p. 126–132.
4. Губанов Ю.А., Лозицкий О.Е., Москаленко Г.М. Агрегаты бесперебойного питания различного назначения // Морской вестник. – 2010. – №3(35). – С. 63–68.
5. Губанов Ю.А. Воспроизведение отклонений параметров качества корабельной сети в условиях испытательного стенда // Электропитание. – 2009. – №4. – С. 84–92, Продолжение: Там же. 2010. – №1. – С. 30–38.
6. Геворкян М.В. Современные компоненты компенсации реактивной мощности для низковольтных сетей. – М.: ИД «Додэка-XXI», 2003, 64 с.
7. Резников С., Бочаров В., Парфенов Е., Гуренков Н., Корнилов А. Электроэнергетическая и электромагнитная совместимость вторичных источников импульсного питания с автономными системами электроснабжения переменного тока. – Ч. III // Силовая Электроника. – 2009. – № 5. – С. 86–89.
8. Иванов А. Ю., Михальченко Г. Я., Михальченко С. Г., Русанов В. В., Федотов А. В. Энергосберегающие технологии компенсации реактивной мощности и мощности искажений // Изв. Томского политехн. у-та. – Т.314. – 2010. – № 4. – С. 104–110.
9. Краснов И.Ю., Черемисин В.Н. Проектирование активного корректора коэффициента мощности и имитационное моделирование его работы // Изв. Томского политехн. у-та. – 2009. – Т. 314. – № 4. – С. 92–97.
10. http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08142002-075617/unrestricted/Barbosa_ETD.pdf
11. http://www.interm.su/pdfs/ar_2006.pdf

Современный этап развития судостроения характеризуется возрастающей энерговооруженностью судов, внедрением новых видов электрооборудования, расширением автоматизации управления системами и устройствами. Одним из перспективных и основных направлений развития судовой энергетической системы является переход на полное электродвижение.

В настоящее время суда с полным электродвижением и едиными электроэнергетическими системами (ЕЭЭС) получают все большее распространение. Вопросы проектирования перспективных систем электродвижения требуют научного исследования.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СХЕМО-ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЕДИНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Судовые энергетические установки с электродвижением располагают в одном или двух отсеках. Гребной электродвигатель всегда размещают ближе к корме, насколько позволяют обводы и условия выемки гребного вала. Первичные двигатели и электрогенераторы устанавливаются или в том же отсеке, где и гребные двигатели, или, чаще, в отдельном отсеке, находящемся в носовой части ближе к середине судна [1].

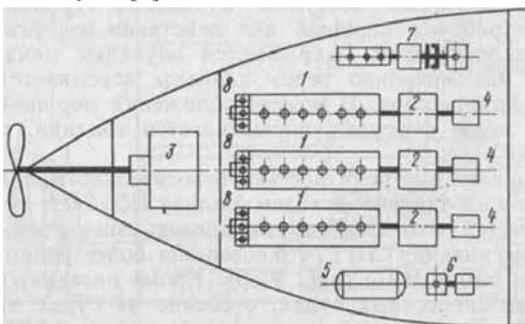


Рис. 1. Общая компоновочная схема судна с электродвижением

1 – двигатель; 2 – электрогенератор; 3 – гребной электродвигатель

Типовой состав современной судовой ЕЭЭС для судов с полным электродвижением включает следующие элементы: генераторы переменного трехфазного тока, ГРЩ с коммутационной аппаратурой, пропульсивные трансформаторы, выпрямители, инверторы напряжения, инверторы тока, многофазные асинхронные и синхронные двигатели, в том числе синхронные двигатели с постоянными магнитами и двигатели с использованием эффекта высокотемпературной сверхпроводимости.

В качестве исходных данных для проектирования рационального состава ЕЭЭС могут выступать следующие параметры:

1) технические данные корабельных потребителей электроэнергии, необходимые для составления таблицы электрических нагрузок;

2) данные скорости хода судна и технические данные корпуса и двигателей, необходимые для выбора гребных электродвигателей;

3) конструктивные чертежи судна с данными о планируемом размещении элементов ЕЭЭС: источников электроэнергии, их щитов, ГРЩ, электростанций, гребных электродвигателей, щитов ГЭД, пропульсивных трансформаторов, выпрямителей и инверторов главного тока, и т. п.

На основе анализа методологии проектирования и современных судов с электродвижением проектный процесс форми-

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СХЕМО-ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ЕДИНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СУДОВ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

К. Г. Голубев, гл. инженер ОАО ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 1133

мирования схемно-технических и конструктивных решений разрабатываемой ЕЭЭС (применительно к типовой современной ЕЭЭС) представим следующим образом [5]:

1. Анализ исходных данных.
2. Выбор параметров электроэнергетики.
3. Приближенная оценка мощности, потребляемой гребными электродвигателями на расчетных режимах эксплуатации судна.
4. Приближенная оценка электрических нагрузок генераторов судна для расчетных режимов эксплуатации.
5. Выбор числа, мощности и типов источников электроэнергии.
6. Выбор типов гребных электродвигателей, пропульсивных трансформаторов, выпрямителей и инверторов главного тока.
7. Приближенный выбор кабелей и шинопроводов первичной электрической силовой сети ЕЭЭС.
8. Предварительный выбор коммутационно-защитной аппаратуры для первичной электрической силовой сети ЕЭЭС.
9. Решение оптимизационной задачи формирования оптимальной структуры ЕЭЭС на основе научно-обоснованных критериев и дискретно-непрерывной математической модели для графа обобщенной ЕЭЭС.
10. Приближенный расчет токов коммутационной защиты в первичной электрической силовой сети ЕЭЭС и оценка возможностей защиты.
11. Приближенная оценка качества электроэнергии и выбор активных и пассивных фильтров высших гармоник.
12. Формирование структурно-функциональной схемы системы дистанционного, автоматического и автоматизированного управления ЕЭЭС (ДАУ ЕЭЭС) и определение ее места в интегрированной системе управления техническими средствами (ИСУТС)

Результаты моделирования позволили сделать также ряд выводов относительно уровня напряжения на общих (единых) шинах ЕЭЭС [2,3]. Целесообразно применять при установленной суммарной мощности генераторов:

- менее 8 МВт – трехфазный ток напряжением 400/380 В, частотой 50 Гц.

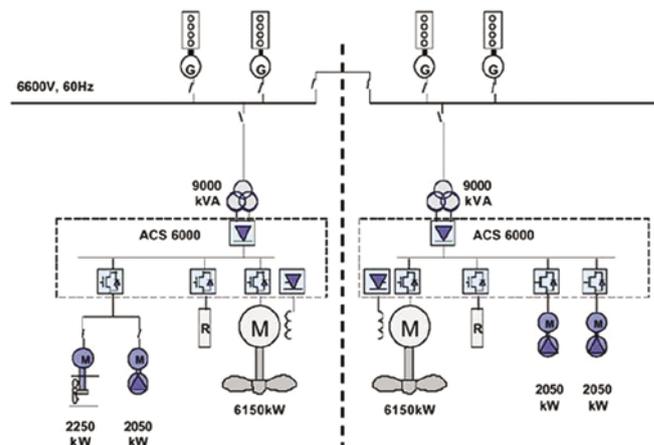


Рис. 2. Пример структурной схемы ЕЭЭС танкера

- от 8 до 20 МВт – трехфазный ток напряжением 6300/6000 В, частотой 50 Гц.
- более 20 МВт – трехфазный ток напряжением 10 500/10 000 В, частотой 50 Гц.

Приближенная оценка мощности, потребляемой гребными электродвигателями на расчетных режимах эксплуатации судна, выполняется на основании данных о скоростях хода и технических данных формы корпуса и параметров движителей.

Приближенная оценка электрических нагрузок генераторов в расчетных режимах эксплуатации судна производится на основании разработки таблицы электрических нагрузок генераторов по режимам с учетом мощности, потребляемой гребными электродвигателями.

Выбор числа, мощности и типов источников электроэнергии выполняется по проектным методикам ходкости с учетом требований регламентирующих проектных документов и классификационных обществ.

Соотношение числа и мощности главных генераторов, гребных электродвигателей и потребителей электрической энергии выбирается из всех возможных вариантов в результате решения задачи оптимизации таким образом, чтобы в длительных режимах генераторные агрегаты работали с нагрузкой, при которой они имеют наибольший коэффициент полезного действия, а в кратковременных режимах генераторные агрегаты работали с нагрузкой, при которой обеспечивается их работоспособность [4,5].

Включенный резерв мощности для судовых потребителей должен быть не ниже значений, установленных регламентирующими документами для проекта. Резерв мощности для систем электродвижения предлагается определять по формуле

$$K_{\text{рез}} = \frac{(\sum P_{\text{ном.ген.}} - \sum P_{\text{ном.гэд}}) - \sum P_{\text{потр.макс.}}}{\sum P_{\text{потр.макс.}}} \times 100\%. \quad (1)$$

Выбор фирм-производителей компонентов ЕЭЭС, типов гребных электродвигателей, пропульсивных трансформаторов,

выпрямителей и инверторов главного тока делается в соответствии с требованиями стандартов для энергетической установки с учетом живучести, надежности и безопасности эксплуатации.

Основными ограничениями при этом являются ограничения по стоимости и массам и габаритам системы электродвижения.

Приближенный выбор кабелей и шинпроводов первичной электрической силовой сети ЕЭЭС и ориентировочный выбор коммутационно-защитной аппаратуры для первичной электрической силовой сети ЕЭЭС выполняется по известным методикам проектирования электрооборудования судов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа определен типовой состав комплекса единой электроэнергетической установки судна с полным электродвижением. Сформирована проектная методика определения параметров вышеуказанного комплекса, позволяющая разработать структурную схему, технические и конструктивные решения единой электроэнергетической установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А. В., Глеклер Е. А. Перспективная судовая единая электроэнергетическая установка // Эксплуатация морского транспорта. – 2008. – № 3. – С. 68–70.
2. Григорьев А. В., Глеклер Е. А., Улитовский Д. И. Результаты ходовых испытаний единой электроэнергетической установки малого гидрографического судна «Вайгач». (ФГУП «ЦНИИ СЭТ») // Судостроение. – 2008. – № 1. – С. 33–35, 84
3. Дмитриев Б. Ф., Лихоманов А. М. Синтез широтно-импульсного преобразователя напряжения с разветвленной нагрузкой // Известия вузов: Приборостроение. – 2008.
4. Дмитриев Б. Ф., Черевко А. И. К вопросу о построении универсальной математической модели обобщенной электрической машины // Электротехника. – 2005. – № 7.
5. Долгов В. А., Каракаев А. Б. Проектирование электроэнергетических систем и современные методы расчета // Сборник «Эксплуатация морского транспорта». – СПб.: Изд. ГМА им. С. О. Макарова, 2011. – № 2. ■

Ядерный моноблочный паропроизводящий агрегат (ППА), в котором циркуляция теплоносителя первого контура осуществляется пароводяными струйными аппаратами (ПВСА), получил название «Бета».

В настоящее время изучены теоретические основы, принципы функционирования и конструктивные особенности ядерного моноблочного ППА «Бета» [1–4]. Работоспособность контура с ПВСА и правильность используемых расчетных зависимостей подтверждены экспериментально [5, 6]. Это позволяет создавать адекватные математические модели и программы для расчета характеристик ППА «Бета». Однако для расчетно-теоретических исследований использовались в основном программы, основанные на сосредоточенных моделях, что ограничивало круг вопросов, которые могли быть изучены с помощью таких программ.

Поэтому была создана программа для ППА, имеющего нескольких групп ПВСА с различными коэффициентами инжекции. Кроме того, трубная система парогенератора была разбита на 30 участков. С помощью этой програм-

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯДЕРНОГО МОНОБЛОЧНОГО ПАРПРОИЗВОДЯЩЕГО АГРЕГАТА ТИПА «БЕТА»: РЕЖИМЫ БЕЗ ОТКЛЮЧЕНИЯ ПАРОВОДЯНЫХ СТРУЙНЫХ АППАРАТОВ

*Н. П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.,
В. В. Кожемякин, д-р техн. наук, доцент,
В. О. Кожемякин, студент, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 714 0651*

мы было выполнено расчетно-теоретическое исследование статических характеристик ядерного ППА «Бета» для режимов без отключения ПВСА. Были приняты следующие параметры ППА на номинальной нагрузке: тепловая мощность – 150 МВт, давление в первом контуре – 10 МПа, температура теплоносителя на входе в активную

зону – 290 °С, массовое паросодержание на выходе из активной зоны – 0,07.

Если все ПВСА в ППА имеют одинаковые коэффициенты инжекции, то при снижении нагрузки до 30–40% не создаются условия для отключения ПВСА и все ПВСА продолжают работать. Однако может нарушиться работа парогенератора. Это иллюстрируют рис. 1–4.

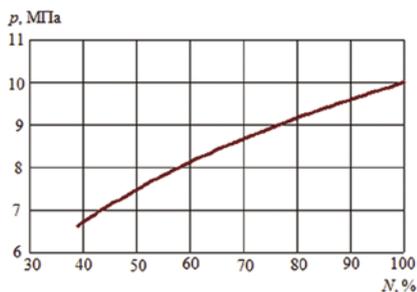


Рис. 1. Зависимость давления в первом контуре от нагрузки

При снижении нагрузки снижается давление в первом контуре (рис. 1). Это связано со свойствами кипящей активной зоны и ПВСА. Соответственно снижается температура насыщения теплоносителя первого контура (рис. 2–4).

При давлении пара на выходе из парогенератора 3,6 МПа (рис. 2) парогенератор ведет себя при снижении нагрузки как в обычной ЯЭУ с водо-водяным реактором под давлением – поверхность теплообмена становится избыточной, и температура пара стремится к температуре теплоносителя первого контура на входе в парогенератор.

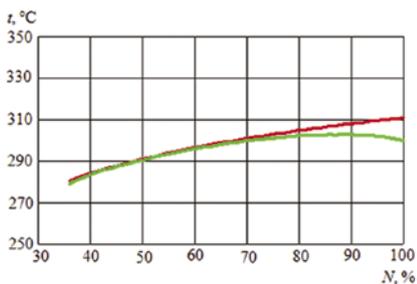


Рис. 2. Зависимость температуры насыщения (красная линия) и температуры пара (зеленая) от нагрузки при давлении пара на выходе из парогенератора 3,6 МПа

При большем давлении пара (рис. 3, 4) снижение температуры теплоносителя первого контура приводит к снижению температурного напора на испарительном участке и, как следствие, к снижению коэффициента теплопередачи на испарительном участке.

При некоторой нагрузке снижение коэффициента теплопередачи становится определяющим, и испарительный участок при дальнейшем снижении нагрузки начинает увеличиваться. Это сопровождается уменьшением пароперегревательного участка и, соответственно, температуры пара.

Резкое падение температуры пара на рис. 3, 4 соответствует моменту исчезновения пароперегревательного участка – при дальнейшем снижении нагрузки парогенератор будет генерировать влажный пар.

Если за границу работоспособности парогенератора принять температуру

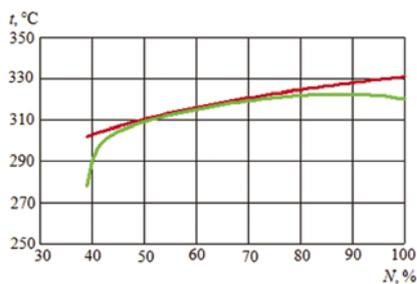


Рис. 3. Зависимость температуры насыщения (красная линия) и температуры пара (зеленая линия) от нагрузки при давлении пара на выходе из парогенератора 4,0 МПа

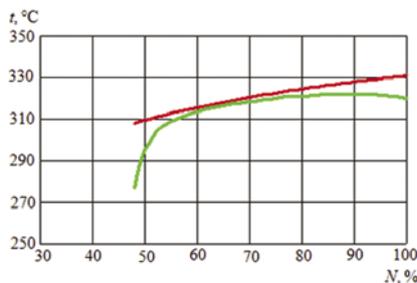


Рис. 4. Зависимость температуры насыщения (красная линия) и температуры пара (зеленая линия) от нагрузки при давлении пара на выходе из парогенератора 4,4 МПа

перегретого пара 290 °С, то минимально допустимая нагрузка определится уравнением

$$N_{\text{мд}} = 5,00 \cdot p_{\text{п}}^2 - 19,09 \cdot p_{\text{п}} + 36,46, \quad (1)$$

где $N_{\text{мд}}$ – минимально допустимая нагрузка, %; $p_{\text{п}}$ – давление пара на выходе из парогенератора, МПа.

Таким образом, уравнение (1) определяет границу работы первого контура без отключения ПВСА.

На рис. 5–10 представлены статические характеристики ППА на режимах без отключения ПВСА и в приграничной области. В исследованном ППА установлены 32 ПВСА. ПВСА объединены в четыре группы (по восемь ПВСА) с коэффициентами инжекции: 10,48 (фиолетовый цвет); 12,48 (темно-синий цвет); 14,48 (бирюзовый цвет) и 16,48 (серый цвет). Следует подчеркнуть, что общий коэффициент инжекции всех ПВСА равен 13,29 – из-за нелинейности характеристик ПВСА общий коэффициент инжекции не равен среднеарифметическому. Давление пара на номинальном режиме принято 4,0 МПа.

При снижении нагрузки снижаются температура на линии насыщения, температура смеси за ПВСА и температура воды на входе в ПВСА. При этом более высокому коэффициенту инжекции соответствует более низкая температура смеси за ПВСА (рис. 5).

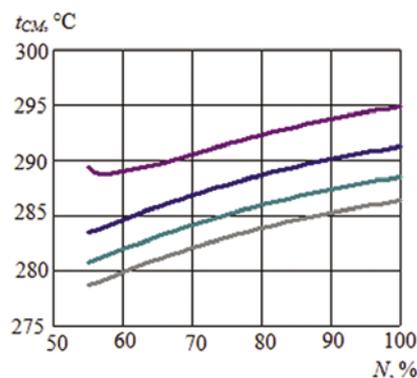


Рис. 5. Зависимость температуры смеси за каждым ПВСА от нагрузки

Температура насыщения снижается более интенсивно, поэтому недогрев смеси до температуры насыщения снижается при уменьшении мощности активной зоны (рис. 6). Как следствие, при снижении нагрузки снижаются расходы (рис. 7–8).

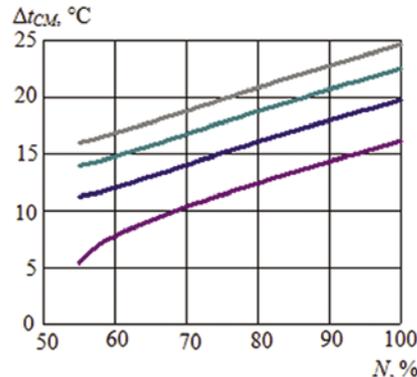


Рис. 6. Зависимость недогрева смеси до температуры насыщения за каждым ПВСА от нагрузки

Поскольку расход пара снижается быстрее, при снижении нагрузки увеличиваются коэффициенты инжекции (рис. 9).

Совместное снижение давления и массового паросодержания на выходе из активной зоны при снижении нагрузки приводит к снижению уровня воды в компенсаторе объема.

Снижение расхода смеси при снижении нагрузки вызывает снижение срывного напора ПВСА (рис. 10), и снижение запаса по напору ПВСА. При нагрузке ~ 52 % запас по напору ПВСА с коэффициентом инжекции 10,48 становится равным нулю, и ПВСА этой группы отключаются.

Было также изучено влияние шага развертки по коэффициенту на характеристики первого контура. На рис. 11 представлена зависимость запаса по напору ПВСА с шагом развертки по коэффициенту инжекции, равным 1.

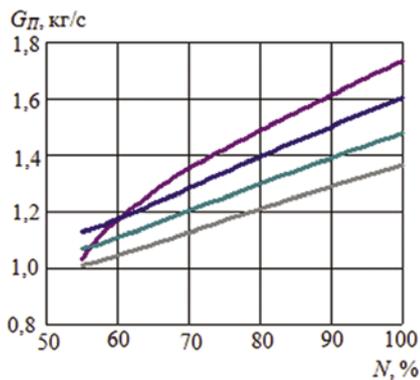


Рис. 7. Зависимость расхода пара на один ПВСА от нагрузки

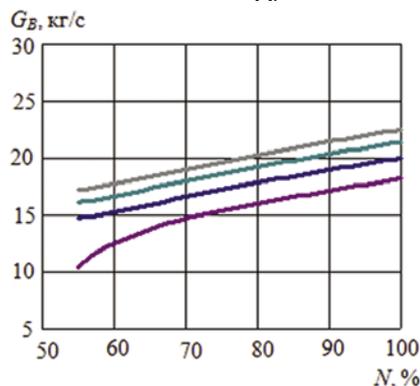


Рис. 8. Зависимость расхода воды на один ПВСА от нагрузки

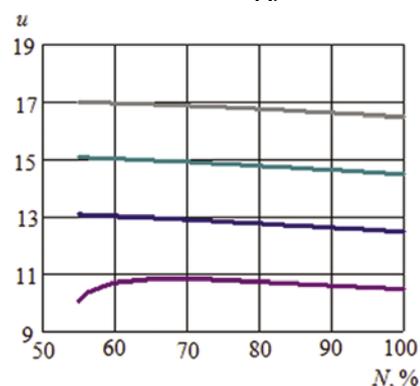


Рис. 9. Зависимость коэффициента инжекции одного ПВСА от нагрузки

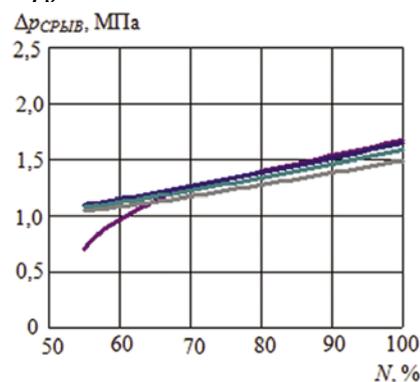


Рис. 10. Зависимость срывного давления ПВСА от нагрузки при шаге развертки по коэффициенту инжекции 2. Группа ПВСА с коэффициентом инжекции 11,84; 12,84; 13,84; 14,84

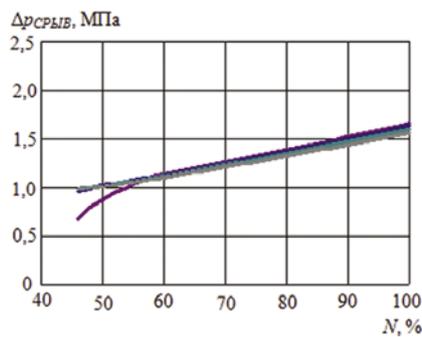


Рис. 11. Зависимость срывного давления ПВСА от нагрузки при шаге развертки по коэффициенту инжекции 1

При шаге развертки по коэффициенту инжекции 1 срыв ПВСА начинается при нагрузке ~ 41 %. Это связано с увеличением минимального коэффициента инжекции. При этом параметры первого контура при шагах развертки по коэффициенту инжекции 1 и 2 примерно одинаковы. Различия появляются тогда, когда начинается «завал» расхода ПВСА с наименьшим коэффициентом инжекции.

На рис. 12 представлена зависимость давления в первом контуре от нагрузки при указанных шагах. Как видно из рисунка, различие в давлении появляется только при нагрузках ниже 60 %.

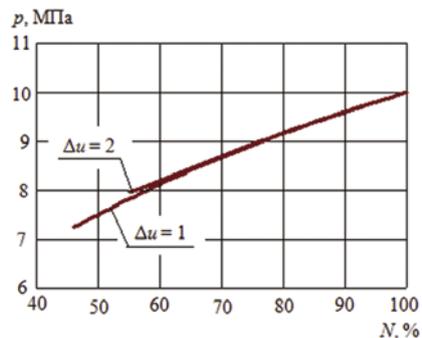


Рис. 12. Зависимость давления в первом контуре от нагрузки при шаге развертки по коэффициенту инжекции 1 и 2

Первыми при снижении нагрузки отключаются ПВСА с наименьшим коэффициентом инжекции, который с точностью до 0,5 % можно определить уравнением

$$u_{\min} \approx 13,17 - 1,33 \cdot \Delta u, \quad (2)$$

где u_{\min} – наименьший коэффициент инжекции; Δu – шаг развертки.

Было установлено, что зависимость нагрузки, при которой отключаются ПВСА с наименьшим коэффициентом инжекции, от шага развертки имеет следующий вид:

$$N_{\text{откл}} = 1,14 \cdot \Delta u^2 + 6,95 \cdot \Delta u + 39,0. \quad (3)$$

Выполненные ранее исследования позволили установить, что при отклю-

чении части ПВСА снижается суммарная площадь камер смешения ПВСА и давление в контуре восстанавливается. Поэтому целесообразно потребовать, чтобы

$$N_{\text{откл}} > N_{\text{мд}}. \quad (4)$$

Это условие с помощью уравнений (1) и (3) приводится к виду

$$\Delta u > -0,337 p_{\text{п}}^2 + 5,555 p_{\text{п}} - 16,68. \quad (5)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При снижении нагрузки первыми отключаются ПВСА с минимальным коэффициентом инжекции. Причем при увеличении минимального коэффициента инжекции граница отключения ПВСА смещается в сторону меньших нагрузок. При высоком давлении пара это может привести к генерированию парогенератором влажного пара. Расчетным путем была установлена граница допустимых нагрузок без отключения ПВСА и получено выражение для минимального шага развертки по коэффициенту инжекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шамапов Н.П., Кожемякин В.В., Алексеев И.М., Шкляр Н.В. Ядерный моноблочный паропроизводящий агрегат с кипящей активной зоной, паровым компенсатором объема и струйными средствами циркуляции // Морской вестник. – 2010. – № 2(34). – С. 53–56.
2. Шамапов Н.П., Андреев А.Г. Определение области возможного запуска неработающего пароводяного струйного аппарата в случае двух параллельно работающих аппаратов // Морские интеллектуальные технологии. – 2011. – № 3. – С. 37–39.
3. Шамапов Н.П., Шамапов Д.Н., Андреев А.Г. Особенности запуска струйного аппарата в первом контуре ядерной паропроизводящей установки // Морской вестник. – 2011. – № 2(38). – С. 49–51.
4. Кожемякин В.В., Кожемякин В.О. Охлаждение межкассетного пространства в ядерном моноблочном агрегате с кипящей активной зоной // Морские интеллектуальные технологии. – 2013. – №3 (21). – С.39–43.
5. Шамапов Н.П., Кожемякин В.В., Шамапов Д.Н., Соломянский И.М., Алексеев И.М. Полунатурный стенд на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ для экспериментальных исследований судового ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата «Бета» // Морской вестник. – 2011. – № 2(38). – С. 47–49.
6. Шамапов Н.П., Кожемякин В.В., Шамапов Д.Н., Соломянский И.М., Андреев А.Г., Коршунов А.И. Экспериментальные исследования на полунатурном стенде судового ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата «Бета-К» на Приморской учебно-научной базе СПбГМТУ // Морской вестник. – 2012. – № 2(42). – С. 29–31. ■

На данном этапе развития судового машиностроения исследование специальных средств для обеспечения интенсивной теплопередачи от источников с высокими тепловыми нагрузками, а также создание принципиально новых высокоэффективных систем охлаждения и термостабилизации становятся все более насущными и актуальными. Это связано с повышенными требованиями, предъявляемыми к современным барокомплексам, обладающим большими функциональными возможностями, высоким уровнем автоматизации, малой массой и габаритами, но характеризующимися повышенным значением удельных тепловых перегрузок и перегревов, что сказывается на надежности их работы.

Одним из перспективных направлений при создании систем охлаждения и термостабилизации является использование полупроводниковых термоэлектрических преобразователей, обеспечивающих построение экономичных, малогабаритных холодильников и стабилизаторов температуры с широкими функциональными возможностями по поддержанию заданного теплового режима. Теория и возможности практического применения приборов подобного типа достаточно подробно описаны в работах А. Ф. Иоффе, Л. С. Стильбанса, А. Е. Коленко и др. В данных работах приведен расчет параметров устройств, работающих в различных режимах, определена энергетическая эффективность их применения. Основной упор здесь сделан на исследование теплофизических процессов при неизменной температуре на спаях термоэлектрических преобразователей энергии.

Однако существует много областей применения термоэлектрических устройств, где имеет место изменение температуры теплоносителей вдоль поверхностей термоэлектрической батареи (ТЭБ), поглощающих и выделяющих тепло. В первую очередь к ним необходимо отнести различные типы теплообменных аппаратов: охладители и нагреватели потоков жидкости, воздухоохладители, кондиционеры и т. п., т. е. все приборы, в которых циркуляция теплоносителей происходит вдоль спаев ТЭБ. К данным типам устройств можно отнести и рассматриваемый теплообменный аппарат (ТА). Вместе с тем существует ряд отличий в условиях работы и характеристиках рабочих сред, связанных со специфическими условиями функционирования барокомплексов.

Несмотря на значительный прогресс в развитии термоэлектрической техники, не разработаны в полной мере теоретические основы устройств данного типа, не указаны эффективные режимы работы и т. д. Актуальность пробле-

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

*Ю. А. Лебедев, инженер-конструктор,
А. А. Арутюнян, канд. техн. наук, директор, ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. (812) 640 0151*

мы обусловлена острой необходимостью разработки действенных ТА с улучшенными свойствами.

Цель данной работы – исследование применения термоэлектрических ТА в составе систем кондиционирования барокомплексов, улучшение их энергетических, массогабаритных и надежности показателей.

В связи с вышесказанным основными задачами являются:

1. Разработка термоэлектрических теплообменных аппаратов (ТЭТА), в которых совмещены возможности теплообмена при использовании ТЭБ и включения в состав ТЭТА рекуперативной ступени.

2. Выведение глобального коэффициента утилизации (критерия эффективности) для рекуперативных ТЭТА.

3. Разработка оптимизационной математической модели ТЭТА рекуперативного типа для работы с различными смесями при высоком давлении.

4. Проведение комплекса экспериментальных исследований на компьютерной модели аппарата с целью проверки адекватности математической модели на практике.

5. Внедрение и согласование результатов исследований и разработок с расчетным комплексом системы кондиционирования в целом.

В процессе решения поставленных задач использованы принципы системного подхода, теория теплопроводности твердых тел, теория конвективного теплообмена, математическая статистика, аналитические методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, экспериментальные методы исследования.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанная конструкция ТЭТА рекуперативного типа позволит повысить эффективность работы охлаждающей системы за счет утилизации теплоты, отводимой от горячих спаев ТЭБ. Разработанные методы, расчетные модели и устройства использованы при выполнении научно-исследовательской работы при разработке системы комфортного кондиционирования барокамеры с применением кислородно-азотной и гелиевой смесей для условия высокого давления.

Для применения в условиях работы барокамер ТЭТА имеют ряд существен-

ных преимуществ по сравнению с другими типами холодильных машин (ХМ). В настоящее время в системах кондиционирования на судах применяют теплоиспользующие или паровые компрессорные ХМ. В холодное время года судовые помещения обогревают электро-, паро- или водонагревателями, т. е. применяют раздельные источники тепла и холода. При помощи ТЭТА в теплое время года можно охлаждать помещения, а в холодное обогревать. Режим обогрева меняют на режим охлаждения путем реверса электрического тока. Кроме того, к преимуществам ТЭТА следует отнести: полное отсутствие шума при работе, надежность, отсутствие рабочего вещества и масла. ТЭТА для систем кондиционирования воздуха имеют объем приблизительно в четыре, а массу в три раза меньше, чем хладоновые ХМ. К недостаткам ТЭТА следует отнести их низкую экономичность и повышенную стоимость. Экономичность ТЭТА по сравнению с паровыми приблизительно на 20–50 % ниже. Высокая стоимость термоохлаждающих устройств связана с высокими ценами на полупроводниковые материалы. Однако существуют области, где уже теперь они способны конкурировать с другими типами ХМ. Это, например, термоэлектрические устройства охлаждения газов и жидкостей, воздушные кондиционеры. Для таких ХМ образцовым циклом будет треугольный цикл Лоренца. Приближение к образцовому циклу достигается простым путем, так как требуется только видоизменить электрическую схему коммутации, что не вызывает конструктивных трудностей. Это позволяет существенно, в некоторых случаях более чем вдвое, повысить эффективность ТЭТА. Для реализации такого принципа в паровой ХМ пришлось бы применять сложную схему многоступенчатого сжатия. Важное обстоятельство, также определяющее область, в которой ТЭТА способны конкурировать с другими типами ХМ даже по энергетической эффективности, состоит в том, что уменьшение холодопроизводительности, например, паровых ХМ ведет к снижению их холодильного коэффициента. Для ТЭБ это правило не соблюдается, и ее эффективность практически не зависит от холодопроизводительности. Уже в настоящее время для температур $T_x = 0^\circ\text{C}$ и $T_r = 26^\circ\text{C}$ и про-

изводительности несколько десятков ватт энергетическая эффективность ТЭ ХМ близка к эффективности паровой ХМ. Также к их преимуществам можно отнести то, что термоэлектрические устройства имеют виброударную стойкость до 20 g, а термоэлектрические охладители малой холодопроизводительности – до 250 g.

Основные исходные данные для конструктивного расчета и расчета коэффициентов теплопередачи

Величина	Обозначение
Скорость движения газовой смеси, м/с	$W_{гс}$
Скорость движения охлаждающей воды, м/с	$W_{в}$
Плотность газовой смеси, кг/м ³	$\rho_{гс}$
Плотность воды, кг/м ³	$\rho_{в}$
Кинематический коэффициент вязкости для ГС, м ² /с	$\nu_{гс}$
Кинематический коэффициент вязкости для воды, м ² /с	$\nu_{в}$
Коэффициент теплопроводности для ГС, Вт/м·К	$\lambda_{гс}$
Коэффициент теплопроводности для воды, Вт/м·К	$\lambda_{в}$
Теплоемкость газовой смеси, кДж/кг·К	$C_{гс}$
Теплоемкость воды, кДж/кг·К	$C_{в}$
Температура ГС на входе в ТЭТА, °С	t_4
Температура ГС на выходе из ТЭТА, °С	t_5
Температура холодного спая, °С	t_x

При использовании термоэлементов в качестве средств охлаждения теплоносителей количество теплоты, выделяемое горячим спаем термоблока $Q_{г}$, будет больше поглощаемого холодным спаем $Q_{о}$ на значение затрат электроэнергии от внешнего источника.

Эта энергия расходуется на совершение работы перемещения тока против разности электрических потенциалов, возникающих в цепи при неравенстве температур горячего спая $T_{г}$ и холодного $T_{х}$ в соответствии с законом Зеебека.

$$Q_{г} - Q_{х} = \bar{a} \cdot I (T_{г} - T_{х}),$$

где \bar{a} – термоЭДС; I – сила тока термоэлементов.

При этом в действительности работа термоэлементов сопровождается необратимыми потерями двух типов: во-первых, от сопротивления тока в проводниках, из которых состоит цепь, во-вторых, за счет непрерывно идущего потока теплоты от горячего спая к холодному.

Джоулевы потери определяются соотношением $Q_{дж} = I^2 R$, где R – сопротивление ветвей термоэлементов.

Известно, что половина теплоты, выделяющейся в цепи в виде джоулевых потерь, поступает к холодному спаю, а другая половина – к горячему.

Теплоту, переходящую от горячего спая к холодному, определяют из выражения

$$Q_{г} = \lambda (T_{г} - T_{х}),$$

где λ – средний удельный коэффициент электропроводности термоэлементов, $\lambda = 1$.

$$Q_{о} = \bar{a} \cdot T_{х} \cdot I - 0,5 \cdot I^2 \cdot R - \lambda (T_{г} - T_{х}).$$

Количество теплоты, выделяемой от горячего спая термоблока, состоящего из термоэлементов, может быть рассчитано по выражению:

$$Q_{г} = Q_{о} + [0,5 \cdot I^2 \cdot R + \lambda (T_{г} - T_{х})] \cdot n,$$

где n – число термоэлементов.

В термоэлектрическом блоке термоэлементы закреплены с обеих сторон специальными базовыми латунными пластинами толщиной 2–3 мм, поэтому газоохладитель или нагреватель теплоносителя термоблока целесообразно выполнять из плоских герметичных кожухов – параллелепипедов, одна из сторон которого с развитой теплопередающей поверхностью в виде ребер крепится к соответствующим базовым пластинам.

Для определения размеров прямых ребер прямоугольного профиля необходимо найти средний по длине коэффициент теплоотдачи, для чего определим число Рейнольдса:

$$Re_{гс} = \frac{w_{гс} \cdot L}{\nu_{гс}},$$

где L – длина ребра, определяемая конструктивно из габаритных размеров платы термоэлементов.

Далее определим критерий Нуссельта:

$$Nu_{гс} = 0,037 \cdot Re_{гс}^{0,8} \cdot Pr_{гс}^{0,43},$$

где критерий Прандтля $Pr = 0,51$.

Коэффициент теплоотдачи от ребра к газовой смеси:

$$\bar{a} = \frac{Nu_{гс} \cdot \lambda_{гс}}{L}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Тогда размеры ребра прямоугольного профиля будут:

площадь ребра

$$S_{опт} = \frac{0,504}{a^2 \cdot \lambda} \left(\frac{Q_{L,0}}{\Delta t_{max}} \right)^3, \text{ м}^2;$$

где Δt_{max} – максимальная разность температур между ребром и охлаждаемой средой; $Q_{L,0}$ – тепловой поток через основание ребра;

толщина ребра

$$\delta_{опт} = \frac{0,632}{a \cdot \lambda} \left(\frac{Q_{L,0}}{\Delta t_{max}} \right)^2, \text{ м};$$

высота ребра

$$h_{опт} = \frac{S_{опт}}{\delta_{опт}}, \text{ м}.$$

Общая поверхность охлаждения ГС в газоохладителе рассчитывается из условий:

$$S_{общ} = 2 \cdot h \cdot L \cdot (n-1) + b \cdot L \cdot (n-1), \text{ м}^2,$$

где b – ширина межреберного пространства.

Коэффициент оребрения

$$\beta = \frac{S_{общ}}{S_0}.$$

Расчет водонагревателя производится аналогично и в соответствии с опытом проектирования водонагревателей коэффициент теплоотдачи от пластины к воде может быть принят равным $a_{в} = 800$ Вт/м²·К, а сределогарифмическая разность температур – около $\Delta t = 7$ °С.

Поверхность теплообмена водоподогревателя:

$$F_{вод.под.} = \frac{Q_{г}}{\Delta t \cdot K}, \text{ м}^2,$$

где $K = a_{в}$.

Поверхность охлаждения КАГС в газоохладителе рассчитывается из следующих условий:

холодопроизводительность газоохладителя – $Q_{о}$, кВт; коэффициент теплоотдачи от газовой смеси к пластине принимается равным 148 Вт/(м²·К); средняя логарифмическая разность температур в охладителе принимается равной 7 °С.

Тогда поверхность теплообмена газоохладителя определяется по формуле

$$F_{г.о.} = \frac{Q_{о}}{\Delta t \cdot K}, \text{ м}^2.$$

В качестве нагнетателя системы охлаждения КАГС применяется центробежный вентилятор. Мощность, подводимая к приводу нагнетателя, рассчитывается из выражения

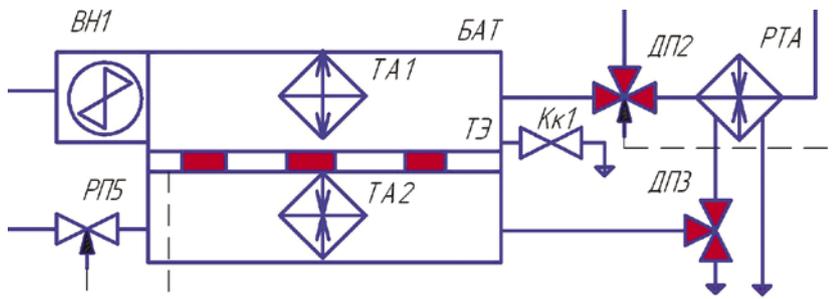
$$N_{в} = \frac{G \cdot N}{\eta}, \text{ Вт}.$$

Для оценки эффективности ТЭТА с точки зрения теплового совершенства использована компьютерная программа на основе двухступенчатой математической модели расчета коэффициента утилизации тепла, который по сути отображает, какая часть подведенной теплоты полезно используется в машине, и позволяет проследить влияние характеристик обрабатываемой среды, ее движения, геометрических параметров аппарата на эффективность работы. И позволяет определить те параметры, изменением которых можно добиться оптимизации конструкции как с точки зрения тепловой, так и с точки зрения экономической эффективности. В общем виде коэффициент утилизации тепла

$$\kappa_{ут} = \frac{\sum \Delta Q_{пр}}{\sum \Delta Q_{затр}}.$$

С целью подтверждения адекватности математической модели физическому процессу и для проверки правильности сделанных на ее основе выводов проводился ряд экспериментов на компьютерной модели ТЭТА, принципиальная схема которой представлена на рисунке на следующей странице.

Из рисунка видно, что термоблок состоит из газоохладителя ТА1, подключаемого к контуру циркуляции газовой смеси, водонагревателя ТА2, подключаемого к контуру водяного охлаждения ГС, блока термоэлементов ТЭ, подключаемого к регулируемому источнику постоянного тока, и вентилятора ВН1, обеспечивающего циркуляцию газовой смеси. Расход потока охлаждающей воды регулируется клапаном РП5. Клапаны ДП2 и ДП3 направляют потоки газовой смеси и нагретой воды в рекуперативную ступень ТЭТА. Конденсат,



Принципиальная схема ТЭТА

образующийся в ТА1, отводится через клапан Кк1. Для исключения теплообмена со средой вся конструкция размещена в термоизолированном кожухе.

Все эксперименты проведены при заданных постоянных температурах и расходах хлада- и теплоносителей на входах ТЭТА. Целый ряд опытов позволяет судить о приемлемости разработанной математической модели ТЭТА на практике. Одной из задач при проведении экспериментальных исследований ТА являлось определение зависимости эффективности работы аппарата от величины коэффициента утилизации. При расчетах использованы паспортные данные на теплофизические свойства полупроводникового вещества и характеристики ТЭБ, примененных в конструкции, геометрические пара-

метры ветвей, величины контактных электрических и тепловых сопротивлений, характеристики системы обрешетки аппарата. Анализ данных показал, что максимальные количественные расхождения теоретических расчетов с экспериментальными результатами не превышают 7%, что можно считать удовлетворительным, и в целом подтверждают правомочность разработанной математической модели.

На основе проведенных исследований разработаны новые типы теплообменных аппаратов рекуперативного типа. Результаты работы внедрены в расчетную и конструктивную модель системы кондиционирования барокомплекса. По результатам исследований оформлен патент Российской Федерации на изобретение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветков Ю.Н., Аксенов С.С., Шульман В.М. Судовые термоэлектрические охлаждающие устройства. – Л.: Судостроение. 1972. – С. 191.
2. Исмаилов Т.А., Евдюлов О.В., Казумов Р.Ш. Экспериментальные исследования термоэлектрических теплообменных аппаратов проточного типа с тепловыми мостиками // Вестник МАХ. – 2010. – Вып. 4. – С. 5–7.
3. Диденко В.Ф. Исследование и обоснование технических предложений по разработке комфортного кондиционирования в барокамере с применением кислородно-азотной и гелиевой смесей для условия высокого давления. – СПб.: Изд.СПбГМТУ, 2002.
4. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. – М.: Энергия. 1979, с. 285.
5. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. – СПб.: Судостроение. 1994. – 504 с.
6. Миенар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. – М.: Мир. 1968, с. 357–368.
7. Ройзен Л.И., Дулькин И.Н. Тепловой расчет обрешенных поверхностей. – М.: Энергия. 1977, с. 20.
8. Селиверстов В.М., Бажан П.И. Термодинамика, теплопередача и теплообменные аппараты. – М.: Транспорт. 1988. ■

Для расчета эффективной мощности главного двигателя (ГД) в судовых условиях судомеханики обычно используют нижеприведенный алгоритм вычислений, одобренный большинством членов регистрового сообщества (см. таблицу):

Таблица

Регистрация замеров индицирования двигателя

Цил. №	A	p_i	p_e	N_i	N_e	Cs	L
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Усреднен.							

Используемые формулы:

$$p_i = A/L \times Cs \text{ (бар)},$$

где A – среднее индикаторное давление в цилиндре, мм²; L – длина индикаторной диаграммы, мм; Cs – постоянная пружины, мм/бар;

$$k_2 = 1.77968 \times 2D \times S,$$

где 1,77968 – коэффициент трения конкретного двигателя; D – диаметр поршня, м; S – ход поршня, м;

$$p_e = p_i - k_1 \text{ (бар)},$$

где k_1 – среднее давление в цилиндрах, ($k_1 = 1 \text{ бар}$);

$$N_i = k_2 \times n \times p_i \text{ (hp)},$$

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИНДИКАТОРНОЙ МОЩНОСТИ ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ В СУДОВЫХ УСЛОВИЯХ

А. Г. Пилюгин, канд. тех. наук, доцент МГУ им. адм. Г.И. Невельского, контакт. тел. +7 4232 462 132

где N_i – индикаторная мощность двигателя, n – число оборотов двигателя;

$$N_e = k_2 \times n \times p_e \text{ (hp)}.$$

Здесь N_e – эффективная мощность двигателя.

При невозможности снятия индикаторной диаграммы эффективную мощность можно рассчитать аналитически по формуле, приведенной ниже:

$$N_a = (46,423 - 8,792 p_{15}^2 \cdot 10^{-6} + 3,15 p_{15} \cdot 10^{-3}) \times [1 - 0,01(w_w + w_a + w_s)] + 0,0942 w_s - 0,024 w_w,$$

где N_a – чистая удельная энергия, мегаджоуль на килограмм; p_{15} – плотность топлива при 15 °С, кг/м³; w_w – массовая доля воды; w_a – массовая доля золы; w_s – массовая доля серы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая документация танкера Navig 8 Loucas.
2. International Standard ISO 8217 Petro-

leum products – Fuel (classF0. – Specifications of marine fuels Third edition 2005–11–01, Copenhagen, 30 p.

3. ISO/TR 18455 1999 Petroleum products – Calculation of specific energy of residual fuels from physical and composition properties – Basic data.
4. International Maritime Organization (IMO) Convention for safety of life at Sea (SOLAS), 1974, Amendment 1, Chapter II-2, Regulation 15.
5. International Maritime Organization (IMO). Protocol of 1997, amending the International Convention on the Preventing of Pollution from Ships, as Modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78), with a new Annex VI of Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships.
6. Directive 97/68/EC – Emission from CI engines in non-road mobile machinery (NRMM).
7. Newbery P.J., Daves T.A.C. and Chomsky K.M. Heavy Residual Fuels for Marine Diesel Engines. 6th International Motorship Conference, London, March 1984. ■

Назначение гребной дизель-электрической установки – формирование заданной силы упора гребного винта. Сила упора винта пропорциональна электромагнитному моменту силы на валу гребного электродвигателя. Величина электромагнитного момента зависит от переменных состояния гребной дизель-электрической установки: токов в генераторе, двигателе, скорости вращения генератора. Различные сочетания этих параметров позволяют создать один и тот же электромагнитный момент и, соответственно, силу упора винта.

При формировании электромагнитного момента в канале преобразования ее от дизеля к винту возникают потери энергии ΔP , которые также являются функцией переменных состояния гребной дизель-электрической установки. Управление электромагнитным моментом, которое обеспечит минимальные потери энергии при заданном электромагнитном моменте, называется оптимальным. Ниже рассматривается структура потерь энергии в гребной дизель-электрической установке, построенной на униполярных электрических машинах, и приводятся результаты сравнения с классическим вариантом управления.

Схема гребной дизель-электрической установки приведена на рис. 1.

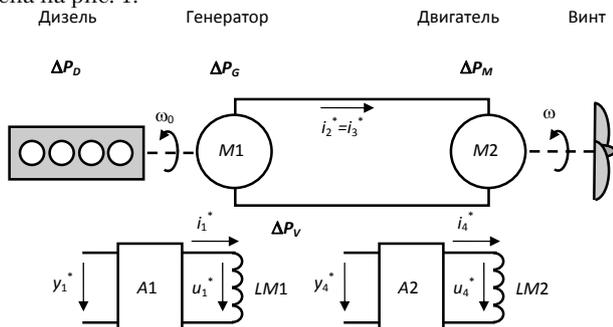


Рис. 1. Схема гребной дизель-электрической установки с униполярными машинами

Гребная дизель-электрическая установка состоит из дизеля, электрического генератора $M1$ с возбуждением со стороны ротора, униполярного двигателя $M2$, также с возбуждением со стороны ротора, электрических преобразователей $A1$ и $A2$. В качестве движителя используется винт с фиксированным шагом.

Обозначим величины потерь энергии в элементах канала дизель-генератор-двигатель-преобразователь соответственно ΔP_D , ΔP_G , ΔP_M , ΔP_V .

Переменной состояния дизеля является скорость его вращения ω_0 , генератора – ток возбуждения i_1^* и ток якоря i_2^* , для двигателя – также токи возбуждения i_4^* и ток якоря i_3^* , для винта ω – скорость его вращения.

Природа потерь энергии в канале ее преобразования дизель-генератор-двигатель достаточно разнообразна. Приведем основные слагаемые этих потерь, которые оказывают влияние на выбор управляющего воздействия, как функция переменных состояния системы.

Суммарная величина потерь энергии

$$\Delta P = \Delta P_D + \Delta P_{MGV} \quad (1)$$

где $\Delta P_{MGV} = \Delta P_M + \Delta P_G + \Delta P_V$ – потери энергии в двигателе, генераторе и преобразователе.

Вся энергия на электродвижение судна и покрытие ее потерь на преобразование покрывается соответствующим расходом дизельного топлива.

Дизель преобразует энергию горения топлива в механическую энергию. Положим, что с вала дизеля генератором снимается мощность P_D . Удельный расход топлива на мощности обозначим g_D (кг/Вт). Тогда расход топлива в единицу

ОПТИМАЛЬНОЕ ПО КРИТЕРИЮ ПОТЕРЬ УПРАВЛЕНИЕ ГРЕБНОЙ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ С УНИПОЛЯРНЫМИ МАШИНАМИ

А. Ю. Румянцев, ассистент,

В. Ф. Самосейко, д-р техн. наук, проф., ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, контакт. тел. 8 905 261 8441

времени, необходимого для создания мощности P_D на валу дизеля, определим из выражения

$$G = g_D \cdot P_D$$

Обозначим удельную теплоту сгорания дизельного топлива k_N (Вт/кг). При отсутствии потерь преобразования тепловой энергии в механическую энергию могла бы выделяться мощность

$$P_T = k_N \cdot G$$

Тогда потери энергии на преобразование энергии горения топлива в механическую энергию дизелем составят:

$$\Delta P_D = P_T - P_D = P_D \cdot (k_N \cdot g_D - 1)$$

Мощность P_D на валу дизеля выразим как сумму мощности, потребляемой двигателем P_M и мощности потерь в двигателе, генераторе и преобразователе ΔP_{MGV} :

$$P_D = P_M + \Delta P_{MGV} \quad (2)$$

где $P_M = \omega \cdot M = \omega \cdot L_{34} \cdot i_4^* \cdot i_2^*$.

Тогда потери (5.2) можно представить в следующем виде:

$$\Delta P = P_M \cdot (g_D^* - 1) + \Delta P_{MGV} \cdot g_D^* \quad (3)$$

где $g_D^* = k_N \cdot g_D$ – безразмерная величина.

Известно [1], что удельный расход топлива g_D является функцией угловой скорости вращения вала дизель-генератора ω_0 и аппроксимируется выражением Лейдермана:

$$g_D(\omega_0) = g_n \cdot \left(\frac{\Omega_0 - \omega_0}{\omega_n} \right)^2 + \frac{g_0}{g_n}$$

или в относительных единицах

$$g_D^*(\omega_0^*) = g_n^* \cdot \left((\Omega_0^* - \omega_0^*)^2 + \frac{g_0^*}{g_n^*} \right) \quad (4)$$

где g_n – номинальный удельный расход топлива; ω_n – номинальная скорость вращения дизель-генератора; $g_n^* = k_N \cdot g_n$.

Функция $g_D^*(\omega_0^*)$ имеет минимум при $\omega_0^* = \Omega_0^*$ при этом $g_D^*(\omega_0^*) = g_0^*$. Параметры функции приведены в табл. 1

Таблица 1

Параметры дизелей

Тип дизеля	Ω_0^*	g_0 , кг/кВт·ч
С непосредственным впрыском	0,775	0,209
Предкамерные	0,600	0,185
Форкамерные	0,675	0,197

Удельная теплота сгорания топлива составляет $k_N = 42\,600$ кДж/кг. Величина g_n у современных дизелей составляет $0,210 \div 0,225$ кг/кВт·ч или $(58,3 \div 62,5) \cdot 10^{-6}$ кг/кДж. Тогда $g_n^* = 2,48 \div 2,66$ о. е. Величина обратная g_n^* является по сути коэффициентом полезного действия дизельного двигателя: $1/g_n^* = 0,37 \div 0,40$.

Значения констант g_0^*/g_n^* , Ω_0^* приведены в табл. 2

Таблица 2

Приведенные параметры функции Лейдермана

Тип дизеля	Ω_0^*	g_0^*/g_n^*
С непосредственным впрыском	0,775	0,949
Предкамерные	0,600	0,840
Форкамерные	0,675	0,894

При этом мощность на валу дизеля в относительных единицах $P_D^* = P_M^* + \Delta P_{MGV}^*$, где $P_M^* = \omega^* \cdot L_{34}^* \cdot i_4^* \cdot i_2^*$, ΔP_{MGV}^* – определены ниже. Потери (3), определенные в о. е., примут следующий вид:

$$\Delta P^* = P_M^* \cdot (g_D^* (\omega_0^*) - 1) + \Delta P_{MGV}^* \cdot g_D^* (\omega_0^*). \quad (5)$$

Найдем выражение для потерь энергии в электродвигателе ΔP_M^* и генераторе ΔP_G^* через переменные состояния системы.

Определим выражение потерь энергии для каждого из электрических элементов системы. Величина потерь энергии ΔP_M в двигателе, складывается из электрических потерь $\Delta P_{эл2}$ и механических $\Delta P_{Мех2}$:

$$\Delta P_M = \Delta P_{эл2} + \Delta P_{Мех2}$$

Магнитные потери в униполярных машинах отсутствуют.

Электрические потери определяются через переменные состояния выражением

$$\Delta P_{эл2} = R_3 \cdot i_2^2 + R_4 \cdot i_4^2$$

где i_4 и i_2 – токи в обмотках возбуждения и якоря; R_4 и R_2 – сопротивления обмоток возбуждения и якоря.

Механические потери мощности обусловлены потерями в подшипниках и потерями на вентиляцию, а также взаимодействием ротора с внешней средой. Природа вентиляционных потерь, потерь в подшипниках и потерь от взаимодействия ротора с внешней средой в основном обусловлена вязким трением второго рода [7]. Величину механических потерь типа вязкое трение можно оценить по формуле

$$\Delta P_{Мех2} = \Delta P_{Мех2,н} \times \omega^{*2}$$

где $\Delta P_{Мех2,н}$ – величина механических потерь в номинальном режиме работы; ω^* – относительное значение скорости вращения ротора. В относительных единицах обычно $\Delta P_{Мех2,н}^* \leq 0,015 \div 0,025$.

Таким образом, суммарная величина потерь в двигателе

$$\Delta P_M = R_4 \cdot i_4^2 + R_3 \cdot i_2^2 + \Delta P_{Мех2,н} \times \omega^{*2}$$

В относительных единицах потери в двигателе запишутся в следующем виде:

$$\Delta P_M^* = R_4^* \cdot i_4^{*2} + R_3^* \cdot i_2^{*2} + \Delta P_{Мех2,н}^* \times \omega^{*2}. \quad (6)$$

Потери энергии в генераторе аналогичны потерям энергии в двигателе:

$$\Delta P_G^* = R_1^* \cdot i_1^{*2} + R_2^* \cdot i_2^{*2} + \Delta P_{Мех1,н}^* \times \omega_0^{*2}, \quad (7)$$

где i_1 и i_2 – токи в обмотках возбуждения и якоря; R_1 и R_2 – сопротивления обмоток возбуждения и якоря; $\Delta P_{Мех2,н}^*$ – величина механических потерь в номинальном режиме работы; ω_0^* – относительное значение скорости вращения ротора генератора.

Суммарная величина потерь мощности в двигателе и генераторе

$$\Delta P_{MG}^* = R_1^* \cdot i_1^{*2} + R_4^* \cdot i_4^{*2} + R_3^* \cdot i_2^{*2} + \Delta P_{Мех2,н}^* \cdot \omega^{*2} + \Delta P_{Мех1,н}^* \cdot \omega_0^{*2}, \quad (8)$$

где $R_Z^* = R_2^* + R_3^*$; $i_3^{*2} = i_2^{*2}$.

Рассмотрим величину потерь мощности в преобразователях, управляющих токами обмоток возбуждения униполярных машин. Будем полагать, что преобразователи А1 и А2 реализованы на электронных ключах и имеют одинаковый принцип действия.

Пусть в каждый момент времени n электронных ключей обтекаются током. Обозначим ΔU – падение напряжения на одном ключе. Известно, что величина этого напряжения слабо зависит от тока. Тогда потери мощности в преобразователях определяются выражением:

$$\Delta P_V = n \cdot \Delta U \cdot (i_1 + i_4),$$

где i_1 и i_4 токи в обмотках возбуждения двигателя и генератора.

В относительных единицах падение напряжения на ключе запишется в следующем виде:

$$\Delta U^* = \Delta U / U_6 \cdot k_{пр}$$

где U_6 – базовое напряжение; $k_{пр}$ – коэффициент приведения обмотки возбуждения к обмотке якоря. Потери мощности в преобразователях определяются в относительных единицах и примут вид:

$$\Delta P_V^* = n \cdot \Delta U^* \cdot (i_1^* + i_4^*).$$

Суммарная величина потерь мощности в двигателе, генераторе и преобразователе определится выражением:

$$\Delta P_{MGV}^* = R_1^* \cdot i_1^{*2} + R_4^* \cdot i_4^{*2} + R_3^* \cdot i_2^{*2} + n \cdot \Delta U^* \cdot (i_1^* + i_4^*) + \Delta P_{Мех2,н}^* \cdot \omega^{*2} + \Delta P_{Мех1,н}^* \cdot \omega_0^{*2}. \quad (9)$$

Таким образом, потери энергии при передаче от дизеля к винту через переменные состояния элементов гребной установки определены выражением

$$\Delta P^* = (\omega^* \cdot J_{34}^* \cdot i_4^* \cdot i_2^*) \cdot (g_D^* (\omega_0^*) - 1) + (R_1^* \cdot i_1^{*2} + R_4^* \cdot i_4^{*2} + R_3^* \cdot i_2^{*2} + n \cdot \Delta U^* \cdot (i_1^* + i_4^*) + \Delta P_{Мех2,н}^* \cdot \omega^{*2} + \Delta P_{Мех1,н}^* \cdot \omega_0^{*2}) \cdot g_D^* (\omega_0^*).$$

Данное выражение позволяет производить оценку эффективности управления по критерию минимума потерь в гребной дизель-электрической установке с униполярными машинами.

Классическое управление заключается в поддержании номинальной скорости вращения дизеля и тока возбуждения двигателя, а управление происходит за счет изменения тока возбуждения генератора.

Оптимальное управление заключается в поддержании переменных состояния в таком соотношении, при котором потери минимальны. Оптимальные значения вычисляются как экстремум функции потерь по переменным состояниям системы в зависимости от заданного значения момента на валу двигателя или заданного значения скорости вращения вала двигателя.

Зависимость потерь мощности от относительного момента на валу гребного электродвигателя M приведены на рис. 2.

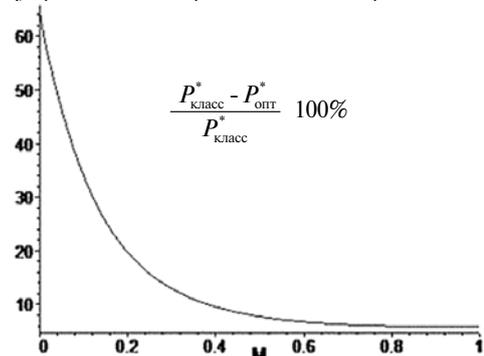


Рис. 2. Превышение потерь в гребной дизель-электрической установке при классическом и оптимальном управлении

На графике представлен диапазон момента на валу гребного электродвигателя от 0 до 1 номинального момента.

Полученная на графиках оценка показывает, что превышение потерь при классическом управлении по сравнению с оптимальным управлением выше 60%, что говорит об эффективности оптимального управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фокин С. В. Оптимальное управление. – М.: Наука. 1979. – 223 с.
2. Бертинов А. И., Алиевский Б. Л., Троицкий С. Р. Униполярные электрические машины с жидкометаллическим токосъёмом. – М. – Л.: 1966. – 309 с.
3. Болдырев О. Н. Судовые энергетические установки, Часть I: Дизельные и газотурбинные установки. Учеб. пособие. – Северодвинск: Изд-во Северодвинск. 2003. – 171 с.
4. Браславский И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие вузов. – М.: Изд. центр: «Академия». 2004. – 256 с.
5. Веретенников П. П. Исследование процессов в судовых электроэнергетических системах: Теория и методы. – Л.: Судостроение, 1985. – 670 с.
6. Горбунов Б. А., Савин А. С., Сержантов В. В. Современные и перспективные гребные электрические установки судов. – Л.: Судостроение. 1979. – 180 с.
7. Казак М. А., Альфер Б. В., Брудный Я. М. О механических потерях в главных турбозубчатых агрегатах. // Судостроение. – 1969. – № 11. – С. 28–30.
8. Калявин В. П., Нгуен Ван Чьен, Та Тхань Хай, Нгуен Тьен Тханг, Нгуен Хью Тинь. Диагностическая модель дизель-генератора гребной электрической установки переменного тока // Изв. СПбГЭТУ. – 2011. – Вып. 6. – С. 56–61. ■

С 1996 г. машиностроительное предприятие ООО «Винета» ведет научно-исследовательские работы в области теплоэнергетики. В 2013 г. начат поиск альтернативного неконтактного метода охлаждения и очистки от твердых продуктов горения и влаги с целью повторного использования этих газов при работе анаэробных энергетических установок (АНЭУ) с перспективой их применения на неатомных подводных лодках (НАПЛ). На данный момент определен метод очистки отработавших газов.

Немного теории. По составу энергетических установок подводные лодки подразделяются на атомные и неатомные (дизельные). Преимуществом атомных подводных лодок является колоссальный запас энергии для движения лодки в подводном положении с высокими скоростями хода.

Главный недостаток неатомных подводных лодок и в прошлом, и в настоящем времени заключается в невозможности длительное время находиться и двигаться под водой, поддерживая необходимую скорость. Им приходится периодически всплывать в надводное положение на довольно продолжительный период для зарядки аккумуляторных батарей, что демаскирует положение лодки.

В то же время НАПЛ имеют определенные преимущества: невысокую стоимость постройки и экономичность в эксплуатации (в 4–5 раз дешевле по сравнению с атомными лодками); меньшее количество личного состава, обслуживающего лодку, малую шумность; маневренность; скрытность и высокую потенциальную безопасность энергоустановки.

В силу указанных причин НАПЛ не утратили своей значимости в век ядерной энергетики.

В последнее время в России, а также во многих зарубежных странах (Германия, Швеция, Италия, Англия, Франция и др.) большое внимание уделяется энергоустановкам для НАПЛ, продлевающим их пребывание под водой. Рассматриваются три основных направления создания неатомных энергоустановок подводных лодок, работающих без доступа атмосферного воздуха (анаэробных):

- двигатели Стирлинга (названные по имени английского изобретателя Р. Стирлинга), работающие по замкнутому термодинамическому циклу, в которых циклические процессы сжатия и расширения происходят при различных уровнях температур, а управление потоком рабочего тела осуществляется путем изменения его объема [2];
- электрические двигатели с топливными элементами водородно-кисло-

ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ НАПЛ

*П. В. Наливкин, нач. инженерного центра,
А. Н. Гаврилова, инженер-конструктор, ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048*

родного типа, с непосредственным преобразованием тепловой энергии в электрическую (электрохимический генератор);

– дизели, работающие по замкнутому циклу с использованием жидкого кислорода.

Особенностью представляемого в данной статье метода очистки отработавших газов АНЭУ является их повторное использование в камере сгорания двигателя, что обеспечивает снижение температуры в камере до требуемого значения. Это повышает надежность всей установки в целом и уменьшает затраты энергии, поскольку отпадает необходимость удаления выхлопных газов за борт.

На данный момент известно несколько методов очистки газов от твер-

При торможении или изменении направления движения тяжелые частицы многофазного потока, двигаясь по инерции, где мерой инерции является масса, попадают в специально подготовленные в сепараторе ловушки – осадительные камеры. Молекулы воздуха как более легкие частицы изменяют свое прежнее движение под действием приложенных внешних сил и формируют новое течение в заданном направлении.

Очищаемый воздух пропускают по каналам, образованным пакетом зигзагообразных листов материала. При движении загрязненных газов по криволинейным траекториям происходит выделение из него твердых и жидких частиц, двигающихся по инерции в ловушки (рис. 1), из которых они отводятся в дренаж.

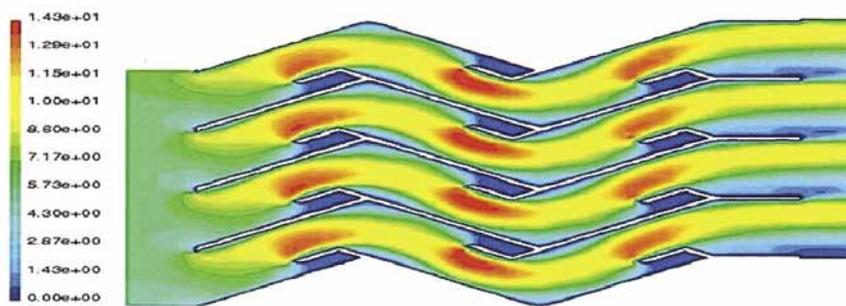


Рис. 1. Схема работы инерционного сепаратора

дых и жидких частиц. Рассмотрим их подробнее.

Инерционные способы очистки (инерционные, гравитационные, центробежные сепараторы). В основе работы инерционных сепараторов заложен принцип выделения из многофазной среды твердых и жидких частиц, обладающих большей удельной плотностью и массой, чем воздух, под действием силы инерции J , векторной величины, численно равной произведению массы m материальной точки на ее ускорение w и направленной противоположно ускорению. При криволинейном движении силу инерции J можно разложить на касательную или тангенциальную составляющую J_{τ} , направленную противоположно касательному ускорению w_{τ} , и на нормальную, или центробежную составляющую J_n , направленную вдоль главной нормали к траектории от центра кривизны. Численно

$$J_{\tau} = m \cdot w_{\tau};$$

$$J_n = m \cdot v^2 / r,$$

где v – скорость точки; r – радиус кривизны траектории.

Различают одно-, двух- и трехступенчатые сепараторы (рис. 2), в которых первая и третья ступени (для трехступенчатого сепаратора) представляют собой инерционный сепаратор, состоящий из вертикально ориентированных изогнутых пластин с улавливающими элементами, а вторая ступень – фильтр-коагулятор, предназначенный для укрупнения капель воды и очистки воздуха от механических примесей. Капли воды и продукты горения, проходя через такой сепаратор, собираются в улавливающих элементах и затем, под действием силы тяжести, стекают в водосборник.

Гравитационные сепараторы представляют собой подкласс инерционных сепараторов, в которых силу инерции, действующую на частицы, заменяет сила тяжести.

Центробежный способ очистки основан на осаждении влаги и/или взвешенных частиц при действии на них центробежной силы.

Электрическая очистка воздуха. Установки электрической очистки газов

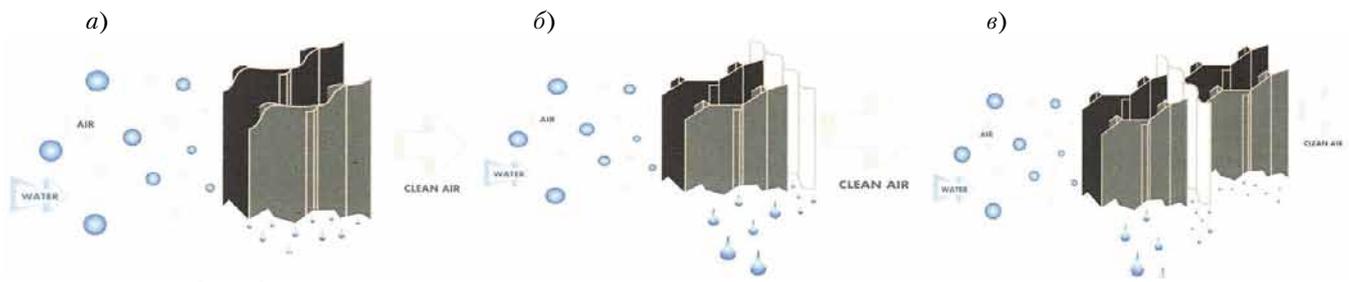


Рис. 2. Схемы одно-, двух- и трехступенчатых (а–в) сепараторов

работают с эффективностью до 99%, а в ряде случаев и до 99,9%, причем улавливают частицы любых размеров, включая субмикронные, при концентрации частиц в газе до 50 г/м^3 и выше.

Электрофильтры отличаются низкими эксплуатационными затратами. Гидравлические потери правильно спроектированного электрофильтра не превышают $100 - 150 \text{ Па}$.

К недостаткам электрофильтров следует отнести высокие капитальные затраты на его создание и, кроме того, электрофильтры не могут быть применены в связи с тем, что свойства газопылевого потока и условия электроочистки неблагоприятны для осуществления процесса электрогазоочистки.

Фильтры различного типа (фильтры с регенерацией; накопительного типа, фильтры-гуманоуловители и др.). Процесс очистки газов от твердых и жидких частиц с помощью пористых сред называют механической фильтрацией. Частицы, взвешенные в воздушном потоке, осаждаются на поверхности или в объеме пористых сред за счет броуновской диффузии, эффекта запыления, инерционных, электростатических и гравитационных сил.

Броуновская диффузия, или тепловое движение частиц, вызванное столкновениями их с молекулами воздуха, является преобладающим механизмом осаждения частиц диаметром менее $0,5 \text{ мкм}$.

Эффект зацепления проявляется всякий раз, когда траектория движения частиц проходит над поверхностью волокон, образующих пористую перегородку, на расстоянии, равном радиусу частицы или меньшему его. Если размеры пор фильтра меньше диаметра частиц, то происходит обычное отсеивание.

В процессе научно-исследовательской работы были рассмотрены и проанализированы с учетом предъявляемых требований все возможные компоновки системы очистки отработавших газов от твердых продуктов горения и влаги и способы ее построения. Была выбрана оптимальная концепция многоступенчатой системы с последовательно-параллельным режимом работы ее ступеней.

Первая ступень устройства очистки газов (УОВ) представляет собой

инерционный сепаратор и обеспечивает очистку от механических примесей и влаги всего необходимого объема загрязненных газов с минимальными энергетическими затратами и степенью очистки до 99%.

В инерционных сепараторах разделение потоков газов и частиц воды осуществляется за счет искривлений траектории их течения. Тогда при движении по такой траектории на более тяжелые частицы и капли воды (их плотность почти в тысячу раз больше плотности газов) будет действовать центробежная сила

$$F = \frac{mV^2}{r}, \quad (1)$$

где m – масса частицы (капли воды); V – скорость ее движения; r – радиус ее траектории.

Эта сила приведет к тому, что траектория частиц (капель воды) отклонится от линий тока газов и позволит отделить их. Однако при этом частицы (капли воды) будут обтекаться газами, и на них будет действовать сила сопротивления Стокса

$$X = 6\pi\mu \frac{d}{2} \Delta V, \quad (2)$$

где μ – вязкость газа, ΔV – скорость обтекания частицы (капли воды), которая равна модулю вектора разности скоростей газов и частицы (капли), d – ее диаметр.

Сила Стокса будет уравновешивать центробежную силу. Тогда из (1) и (2) получим, что разность скоростей газов и частиц (капель воды), которая обеспечивает разделение их потоков, будет равна

$$\Delta V = \frac{\rho_w}{18\mu} \cdot \frac{d^2 V^2}{r}, \quad (3)$$

где ρ_w – плотность воды.

Чем больше эта разность скоростей газов и частиц (капель), тем лучше сепарация.

Из приведенных формул следует, что для отделения очень маленьких частиц (капель воды) необходимо увеличение скорости и уменьшение радиуса траектории движения частиц (капель). При организации канала инерционного сепаратора следует также учитывать наличие, место расположения и геометрию улавливающих элементов. Так как в этих элементах твердые продукты горения и влага должны накапливаться и

стекать вниз в водосборник, их размеры должны позволять этому осуществляться и не давать накопившейся воде выплескиваться обратно в поток газов. Понятно, что размеры этих элементов не так малы, и поток газов, при их обтекании, должен искривлять свою траекторию. Поэтому эти элементы играют важную роль при конструировании геометрии канала инерционного сепаратора и должны учитываться при его построении.

Такой подход очистки загрязненных газов от твердых продуктов горения и влаги уже в первой ступени УОВ позволяет снизить относительную влажность газов, что снижает эксплуатационные затраты и увеличивает безопасность и ресурс работы АНЭУ.

После первой ступени очищенный газ может быть подан на вторую ступень с фильтрами тонкой очистки со степенью очистки не менее 99,99% или же направлен непосредственно в камеру смешения для нормализации поля скоростей потока газа при подаче его на вход двигателя.

В каждой из ступеней УОВ параллельно использованы несколько различных способов, технологий и средств очистки отработавших газов от примесей для достижения необходимого качества очистки. Принцип суперпозиции действующих сил в инерционных сепараторах, а также в электрофильтрах, работающих параллельно в одной ступени УОВ, позволяет снизить гидравлические потери, поднять энергоэффективность и повысить степень очистки газов.

В заключение хочется отметить, что в статье освещена только малая часть научно-исследовательской работы в данной области. Помимо определения метода очистки отработавших газов в данный момент на предприятии ведется работа по изучению существующих методов охлаждения отработавших газов и выработке принципиально новой, совмещенной системы и охлаждения и очистки отработавших газов теплового двигателя. Данная система позволит повысить экономичность топлива двигателей и, в некоторой мере, решить экологические проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды отработавшими газами двигателей. ■

При проектировании современных надводных кораблей одним из важных вопросов, на которых акцентируется внимание проектантов и разработчиков средств автоматизации и электронной аппаратуры, является развитие и совершенствование средств комплексной автоматизации технических средств и корабля в целом. Особое место среди систем автоматизации занимают системы, обеспечивающие живучесть корабля, к которым относятся системы пожарной безопасности, реализуемые, как правило, в виде отдельных локальных систем автономного функционирования. Это, в первую очередь, связано с различием в уровне взрывоопасности помещений, что отражается на требованиях к надежности и функциональной полноте, предъявляемых к системам пожарной автоматики.

Одним из направлений деятельности Научно-производственной фирмы «Меридиан» в течение уже 40 лет остается создание высокоэффективных систем для ВМФ, обеспечивающих раннее обнаружение пожара и надежное управление средствами пожаротушения. Системы, разработанные предприятием могут служить иллюстрациями для истории развития систем пожарной безопасности в России. Это такие системы, как «ЭСАП», «Карат», «Карат-М», «Контур», «Краб», «Квекбек», «ПС-121», «Кристалл», «Факел» и др., при этом все изделия соответствовали жестким требованиям, предъявляемым к изделиям ВиВТ.



Рис. 1. Системы пожарной сигнализации «Кристалл» и «Краб»

В настоящее время предприятие выпускает ряд современных систем пожарной автоматики, таких как «АПЗ-028», «СТС-М», «Касатка» («Касатка-М»), «Взрыв», решающие различные задачи.

К первой группе относятся адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации «Касатка» («Касатка-М»), «Взрыв», которые решают основную задачу сигнализации об обнаружении пожара, но также могут быть использованы для автоматического включения средств оповещения, управления вентиляцией, обнаружения несанкционированного проникновения в охраняемое помещение, выдачу информации о положении противопожарных дверей и т. д. Кроме того, существует возможность автоматической передачи информации в цифровом виде на пост руководителя борьбы за живучесть (БЗЖ). Данные системы обладают всеми характеристиками, обусловленными адресно-аналоговыми свойствами аппаратуры:

- позволяют получать информацию о месте возгорания;
- экономичны в монтаже, так как используют двухпроводную линию для передачи информации и питания системы;
- передача информации осуществляется с использованием помехозащищенного интерфейса;

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТУРЫ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ОАО «НПФ «МЕРИДИАН»

А. А. Копанев, д-р техн. наук, проф., ген. директор,
А. М. Тихоненко, канд. техн. наук, гл. инженер,
В. О. Бойченко, нач. сектора,
ОАО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0352

– в качестве дополнительной функции существует возможность получения текущего значения контролируемого параметра и скорости его нарастания.

Отличие систем заключается в используемой элементной базе и количестве подключаемых извещателей. Система «Касатка» предназначена для объектов водоизмещением от 3000 т и выше и может подключать до 1008 адресных извещателей; «Взрыв» имеет модульную систему построения (от одного до пяти приборов ПСУ) с возможностью подключения до 120 извещателей к одному прибору. Состав извещателей включает в себя типовой набор из тепловых, дымовых, пламени (инфракрасных), ручных и состояния противопожарных дверей в исполнении IP30 или IP56 (IP55 для дымовых), настраиваемых как на определенное значение, так и на скорость изменения контролируемого параметра.



Рис. 2. Системы пожарной сигнализации «Взрыв» и «Касатка»

Ко второй группе систем пожарной безопасности относятся системы специального применения, такие как «СТС-М» и «АПЗ-028», предназначенные для использования в помещениях с высокой степенью взрыво- и пожароопасности (погреба боезапаса, керосинохранилища и т. п.).

Система температурно-тревожной сигнализации типа «СТС-М» предназначена для контроля текущего значения температуры в ряде точек и сигнализации о выходе температуры в этих точках за заданные верхний и нижний пределы. Она разработана на замену системы «СТС-204» и «СТС-72», производство которых на территории РФ отсутствовало. Система имеет световую сигнализацию о выходе температуры за контролируемые пределы, а также выдает сигнал на включение ревуна. В настоящее время модернизированные образцы системы «СТС-М» совмещают функции контроля температурных режимов с контролем влажности в помещениях, данные в автоматическом режиме выдаются в информационную линию системы управления ОКС.

Система автоматического включения средств противопожарной защиты «АПЗ-028» предназначена для выдачи сигналов на автоматическое включение средств противопожарной защиты (ППЗ) и сигнализации при появлении пламени, повышении температуры или давления выше установленного предела.

Система построена по модульному принципу. Основу ее составляют приборы автоматического включения средств противопожарной защиты АВС ППЗ, выполня-



Рис. 3. Система температурно-тревожной сигнализации «СТС-М»

емые в двух модификациях (на 4 и 12 сигнализаторов). К приборам подключаются сигнализаторы давления, температуры, пламени (инфракрасные). В связи с высокой степенью взрывоопасности спецпомещений, с одной стороны, и опасности применения средств пожаротушения для личного состава, с другой, система реализована по нестандартной для современных систем пожаротушения схеме. Все сигнализаторы выполнены в двухканальной конструкции и подключаются по лучевой схеме, в схеме реализованы специализированные алгоритмы обработки сигналов как на уровне сигнализаторов, так и прибора в целом а также ряд других схемно-конструктивных решений, что позволило полностью исключить возможность ошибочного срабатывания. Индивидуальные электrorаспределительные щиты управления сис-

темы «АПЗ-028» формируют требуемые алгоритмы управления техническими средствами противопожарной защиты: отключение вентиляторов, закрытие воздушных захлопок, включение пожарных насосов, устройств световой и звуковой предупредительной сигнализации о пожаре и подаче огнегасителя в защищаемые помещения, подрыв пиропатронов и управление запорно-пусковыми устройствами модулей газового пожаротушения. В модернизированных образцах системы «АПЗ-028» также воплощена функция дистанционного управления системой вентиляции и кондиционирования защищаемых помещений объекта.

Системы выполнены во взрывобезопасном исполнении и имеют все соответствующие сертификаты.

В настоящее время на предприятии идет работа по созданию перспективной комплексной системы противопожарной защиты – аппаратно-программного комплекса «СПС-31», позволяющего решать вопросы пожарной безопасности, информационной поддержки и прогнозирования развития пожара комплексно, в составе одной системы.

Основными принципами, заложенными при проектировании, являлись:

- модульность как на уровне приборов, так и интерфейсов, что позволит проектанту корабля создавать систему пожарной безопасности из набора стандартных модулей и приборов под конкретные требования заказчика;
- универсальность, что позволяет использовать базовые групповые (отсечные) приборы с различными типами извещателей и исполнительных механизмов (пожарных, затопления, газовых);

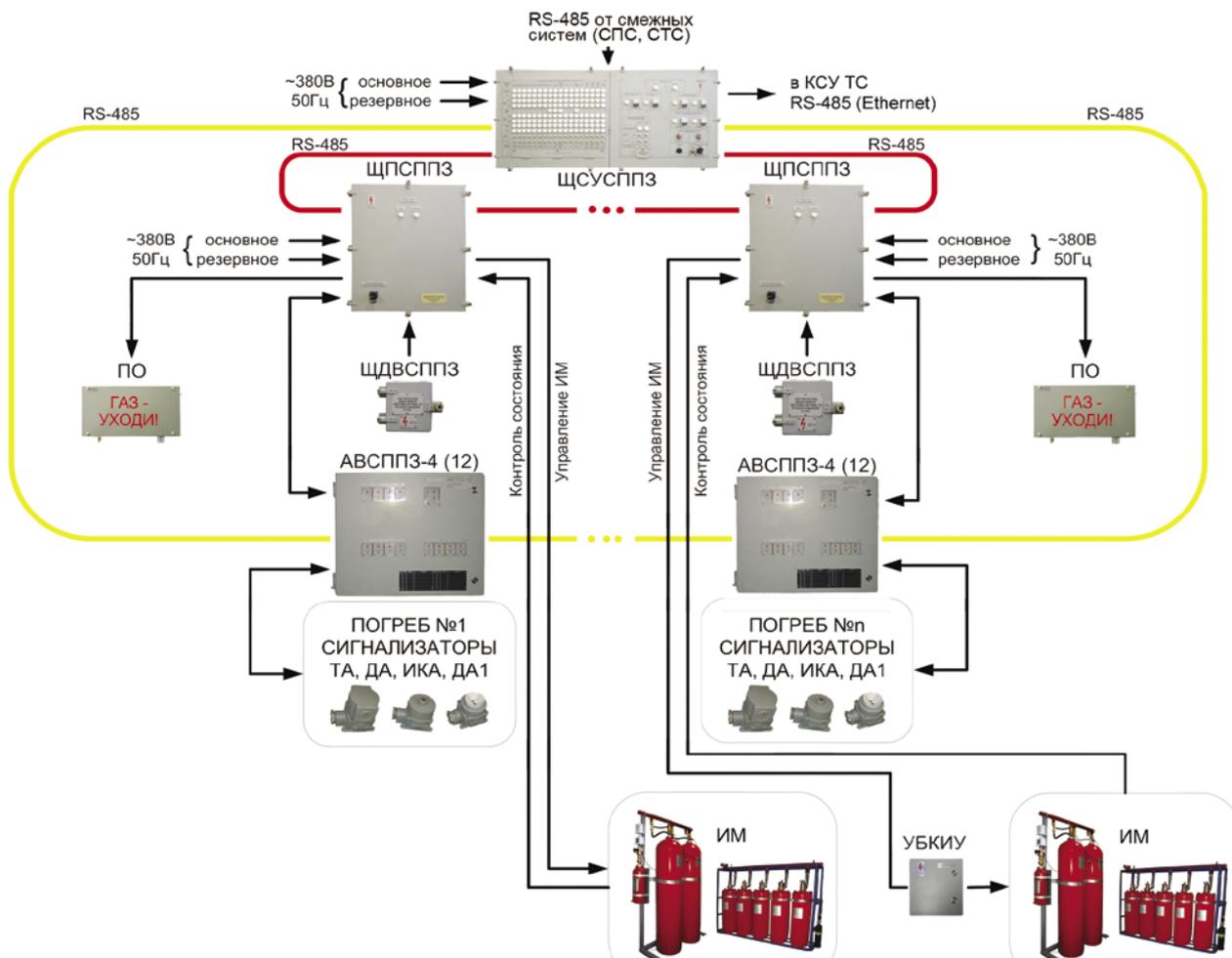


Рис. 4. Система автоматического включения средств противопожарной защиты «АПЗ-028»

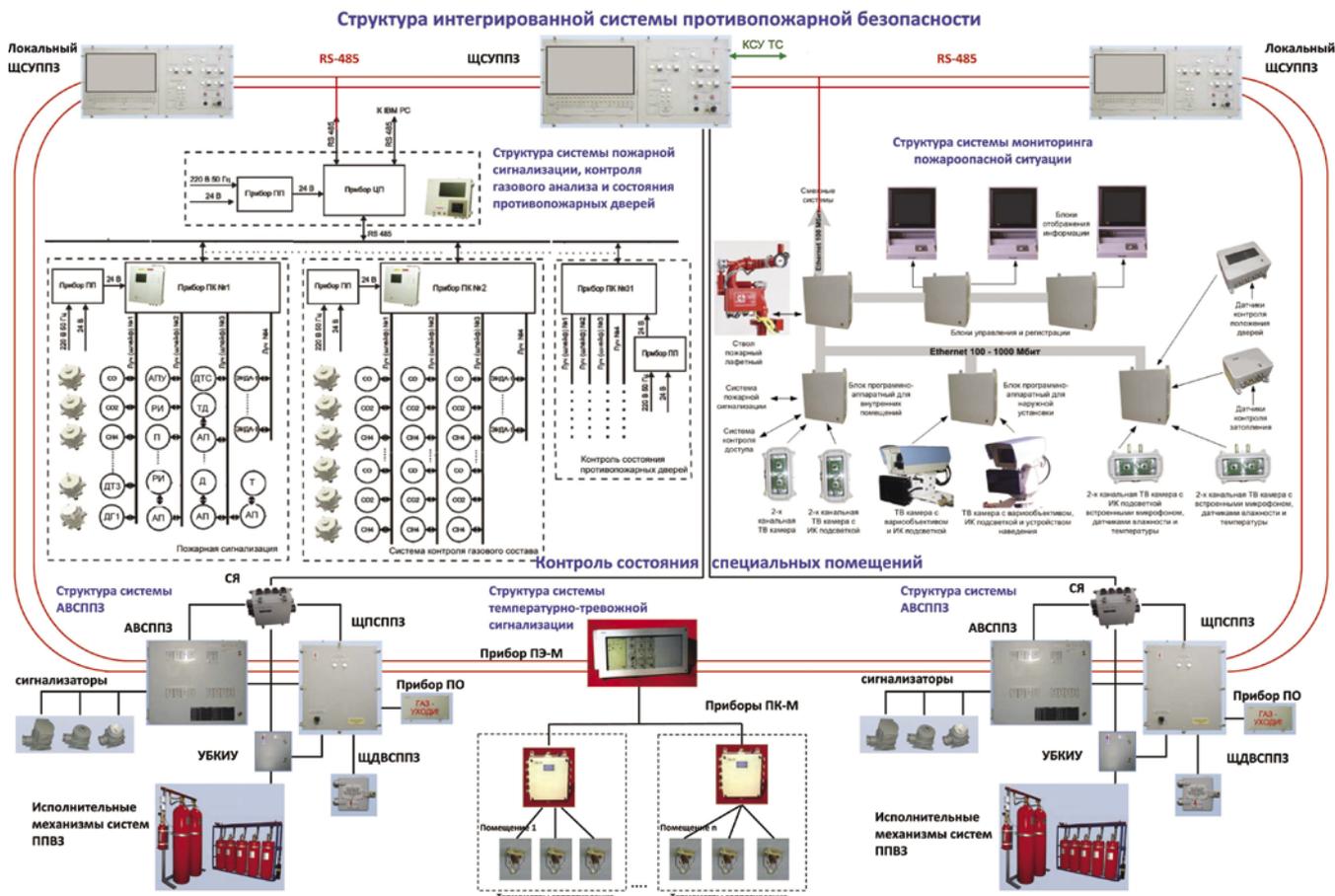


Рис. 5. Комплексная система противопожарной защиты – аппаратно-программный комплекс «СПС-31»

- информативность, обеспечиваемая благодаря наличию исполнительной и предупредительной сигнализации на групповом (отсечном) приборе и передаче информации на центральный прибор и выносные табло;
 - открытость, позволяющая как подключать системы к общему информационному пространству корабля, так и образовывать собственную сеть систем безопасности.
- Аппаратный и информационный принцип прогнозирования и информационной поддержки в системе «СПС-31» определен тем фактором, что помимо пожарной сигнализации в контурах контроля и управления защищаемого объекта циркулирует достаточно информации, которая может быть систематизирована и использована для выявления предожарной ситуации и прогнозирования распространения пожара, а именно:
- данные от технических средств контроля параметров технологических процессов, используемых в системах управления и контроля энергетическими установками, общесудовыми системами, электроэнергетической системой судна;
 - информация от датчиков наличия паров топлива;
 - информация от систем теле- и телевизионного контроля о наличии повреждений, появления течи, пара, дыма, о температуре помещения;
 - данные о надежности технических средств и оборудования;
 - данные о состоянии кабельных трасс;
 - данные о проводимых и предстоящих ремонтах и профилактических работах, связанных с проведением сварочных, лакокрасочных работ, монтажом и демонтажом оборудования;

- данные о погрузке и выгрузке груза, степени его пожароопасности.
- При этом аппаратно-программный комплекс кроме традиционных функций противопожарной защиты позволяет:
- выявлять условия, при которых возгорание потенциально возможно;
 - прогнозировать результаты возможного возгорания и ход развития пожара;
 - выработать опережающие рекомендации вахтенной службе, обеспечивающих предупреждение и минимизацию ущерба;
 - выдавать рекомендации аварийным партиям по действию в сложившейся обстановке.
- Данная система «СПС-31» позиционируется как основа для создания единой системы безопасности корабля, которая будет включать в себя как пожарный мониторинг с функциями информационно-аналитической поддержки, так и автоматического управления техническими средствами, участвующими в борьбе за живучесть корабля. Кроме того, существующие в настоящий момент наработки позволяют предприятию в дальнейшем конструировать в области систем управления техническими средствами и распределенных систем измерения.
- ОАО «НПФ «Меридиан», исторически являясь правопреемником НПО «Меридиан», является не только разработчиком, но и изготовителем и поставщиком систем пожарной автоматики и противопожарной защиты. Идя в ногу со временем, предприятие готово предложить заказчикам самые современные технические решения, залогом успеха которых является многолетний опыт работы предприятия по данному направлению. ■

ВВЕДЕНИЕ

Под коническим акриловым иллюминатором высокого давления понимается сборка, состоящая из двух основных элементов: металлического фланца (обоймы) и стеклоэлемента. По способу соединения их между собой существующие конструкции можно разделить на две группы.

К первой группе относятся иллюминаторы без промежуточного слоя между основными элементами. Соединение выполняется с помощью поджимного кольца. Герметизация при малом давлении осуществляется торцевым резиновым кольцом. В таких конструкциях основные элементы либо притираются друг к другу, либо разность углов конусности $\Delta\alpha$ между ними не превышает несколько минут. Непараллельность торцевых поверхностей при этом не превышает 0,01 мм.

Если рассогласование углов конусности составляет до 3° или непараллельность торцевых поверхностей – 1–2 мм, то используются конструкции, где конические поверхности между стеклоэлементом и обоймой не соприкасаются и зазор между ними составляет несколько миллиметров и заполняется сомоотверждающей акриловой композицией (второй способ соединения). Процесс полимеризации при этом проводится при воздействии температуры и давления выше рабочего по специальной технологии.

Срок службы акриловых стеклоэлементов значительно меньше материала обоймы. В процессе эксплуатации изделия возможна их замена. Отметим, что в существующих конструкциях аппаратов в качестве обоймы используется его силовой корпус. В некоторых конструкциях нельзя осуществить притирку сопрягаемых конических поверхностей в полевых условиях. Поэтому становится актуальным вопрос соединения основных элементов иллюминаторов, позволяющих производить замену стеклоэлементов без применения специального оборудования или точной подгонки сопрягаемых элементов.

При рабочем давлении 20–60 МПа используют стеклоэлементы с номинальным углом $\alpha \geq 90^\circ$ и отношением толщины к меньшему диаметру $\lambda \geq 0,5$. Величина разности углов конусности $\Delta\alpha$ между основными элементами может составлять $0,5^\circ$. В этом случае при несимметричной установке в обойму такого стеклоэлемента при давлении до 2 МПа возможна разгерметизация.

В предлагаемом способе соединения в таких иллюминаторах между стеклоэлементом и обоймой используется промежуточный слой – герметик, например УЗ0МЭС. При гидростатическом нагружении в результате осевого проскальзывания стеклоэлемента в контактной поверхности возникают сжимающие напряжения и герметик не способствует разрушению боковой поверхности акрилового стекла. Для создания надежного соединения достаточно усилий, создаваемых поджимным кольцом, соединяемым с корпусом симметрично расположенными винтами. Полимеризация при этом происходит при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Предпочтительными являются сборки, в которых первоначальный контакт основных элементов происходит по большему диаметру стеклоэлемента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ.

Проводились испытания конструкции при кратковременном, длительном и циклическом нагружении. Использовалась установка, позволяющая проводить наблюдения за процессом деформирования и разрушения, подробное описание которой приведено в [2]. Стеклоэлементы выполнялись из блочного органического стекла СО-120, обоймы –

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНИЧЕСКИХ АКРИЛОВЫХ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В. В. Бортовский, канд. техн. наук, зам. ген. директора,

Н. М. Вихров, д-р техн. наук, ген. директор,

ЗАО «Каюнерский судоремонтный завод»,

В. П. Ляизберг, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник Московского авиационного института (Нац. исслед. университета)

контакт. тел. (812) 746 9852, 8 (495) 412 9937

из стали 30ХГСА. Номинальный угол конусности $\alpha = 90^\circ$, а разность углов конусности между основными элементами составляет $0,5^\circ$. В процессе подъема и сброса давления P проводились измерения осевого смещения w в центре стеклоэлемента. Можно отметить следующие основные результаты.

Под воздействием гидростатического нагружения отмечается значительное осевое смещение акрилового стеклоэлемента в конической полости обоймы. При кратковременном нагружении до разрушения изменяется характер зависимости $P(w)$. В отличие от образцов с притертыми боковыми поверхностями основных элементов $P(w)$ имеет первым нелинейный участок. В дальнейшем зависимость повторяет вид характерный для иллюминаторов первой группы: линейный, нелинейный, возрастание перемещения при постоянном давлении, возрастание перемещения при небольшом падении давления. При этом величина разрушающего давления отличается незначительно от аналогичной величины образцов первой группы.

Величина первого нелинейного участка определяется значением угла $\Delta\alpha$: с его увеличением увеличивается и первый нелинейный участок. По-видимому, начало линейной зависимости соответствует полному соприкосновению боковой поверхности сопрягаемых элементов.

По характеру поведения при длительном и циклическом нагружении исследуемые иллюминаторы идентичны образцам первой группы [2]. Если величина рабочего давления соответствует линейному участку $P(w)$, то стеклоэлементы полностью восстанавливают свою форму и возвращаются в первоначальное положение. Время восстановления t зависит от величины рабочего давления. Чем больше P , тем больше значение t .

В ряде работ [1] американских исследователей отмечено, что базовой величиной для оценки несущей способности иллюминатора является величина разрушающего давления при кратковременно нагружении P_1 . Проведенные исследования показали, что его значение, характер разрушения для предлагаемой конструкции близки к величине P_1 иллюминаторов первого типа при равных значениях отношениях толщины к меньшему диаметру стеклоэлемента.

Отсюда можно сделать вывод что для данного типа иллюминаторов также можно применять методику оценки величины P_1 образцов с контактом сопрягаемых поверхностей светопрозрачного элемента и обоймы, которая не зависит от промежуточного слоя между ними.

Несущая способность иллюминатора при втором способе соединения определяется в основном качеством акриловой композиции и стабильностью технологического процесса, а не свойствами материала стеклоэлемента и его геометрическими параметрами. Поэтому в существующих конструкциях такого типа существенно увеличена толщина стеклоэлемента для увеличения площади контакта. Проблематично становится также и создание математической модели для определения несущей способности конструкции.

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

Величина разрушающего давления существенно зависит от качества промежуточного слоя между стеклоэлементом и обоймой, который определяет коэффициент трения между ними. В то же время осевое смещение светопрозрачным элементом в момент разрушения оставалось достаточно стабильным.

Полученные результаты дают основания предположить, что причиной разрушения предлагаемых иллюминаторов при кратковременном нагружении является потеря устойчивости стеклоэлемента вследствие его осевого смещения в конической полости обоймы, и можно применить методику, основы которой подробно изложены в работе [3]. Ввиду сложного математического аппарата повторять полностью выводы в данной работе не имеет смысла. Далее приведем основные положения методики и окончательные уравнения, определяющие связь между критическим напряжением, осевым смещением и геометрическими и физическими характеристиками стеклоэлемента.

Вследствие двумерности задачи решение в численной форме проблематично. Поэтому для оценки несущей способности проведено исследование устойчивости конического иллюминатора при равномерном радиальном сжатии.

Для оценки несущей способности исследована устойчивость области в форме усеченного конуса и цилиндра как частный случай, при действии сжимающих усилий, нормальных к боковой поверхности. Исследование неканонической области выполнено методом возмущений границы области. В результате разложения искомой функции и собственного значения в степенной ряд по параметру β , в качестве которого принят тангенс $\alpha/2$, и их подстановки в искомые граничные условия для возмущаемой части области, построена последовательность краевых задач для канонической области, которые названы приближениями. «Нулевому» приближению соответствует однородные уравнения, последующим приближениям – неоднородные. Решение последних разыскивается как сумма двух функций. Одна из них выбирается так, чтобы удовлетворяла неоднородным граничным условиям, а вторая в виде разложения по известным собственным функциям однородной краевой задачи.

Задача сводится к алгебраической с помощью метода Бубнова.

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

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

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

Таким образом, получены уравнения, определяющие связь искоемых параметров.

Полученные по данному алгоритму основные уравнения приведены далее.

Решение задачи нулевого приближения для критического напряжения цилиндрической области σ определяется характеристическим уравнением

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

где

$$K = 1, k = \frac{\kappa_1 h}{R \sqrt{\Omega^{(0)} + A}}, M = (\Omega^{(0)} + A) \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu}, f = K + \frac{M}{\Omega^{(0)} + A},$$

$$c = K + \frac{M}{\Omega^{(0)}}, \Omega^{(0)} = \frac{1}{1 + \sigma^0}, m = \frac{L}{\Omega^{(0)} + A} + \frac{S}{(\Omega^{(0)} + A)^{3/2}},$$

$$S = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} (\Omega^{(0)} + A), d = \frac{\kappa_1 h}{R \sqrt{\Omega^{(0)}}},$$

$$l = -\frac{L}{\Omega^{(0)}} + \frac{S}{(\Omega^{(0)})^{3/2}}, L = 1 - \frac{\lambda(\lambda + \mu)}{(\lambda + 2\mu)^2} (\Omega^{(0)} + A).$$

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

В качестве параметра приняты отношение $\delta = h/R$ толщины $2h$ к диаметру $2R$, характеристики материала ν, E , а также корень κ_1 функции Бесселя первого порядка J_1 . Тогда характеристическое уравнение можно записать так:

$$v(x, \delta, \nu, E, \kappa_1) = 0.$$

Решение этого уравнения рассматривалось для физических реальных значений аргумента x в интервале $0 \div 0.35$, где в общем случае при $l \neq 1$ оно имеет три корня. Один из них соответствует нулевому решению $x = 0$. Меньший по абсолютной величине из ненулевых значений x соответствует изгибной форме потери устойчивости, второй – потери устойчивости с образованием антишейки. Под термином «потеря устойчивости» с образованием «антишейки» понимается такой процесс разрушения, который предворяется выпучиванием стеклоэлемента со стороны верхнего и нижнего оснований одновременно.

При $l = 1$, (т.е. когда κ_1 равно первому корню функции Бесселя J_1) ненулевое решение этого уравнения соответствует лишь изгибной форме потери устойчивости.

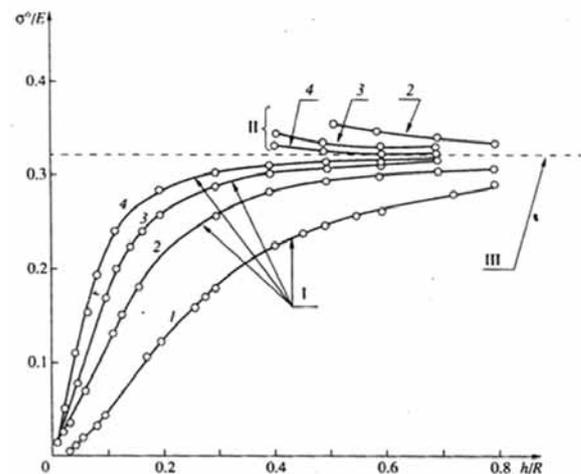


Рис. 1

Решения для первых четырех значений корня функции J_1 показаны на рис. 1, где номер кривой, обозначенной арабской цифрой, соответствует значению l . Кривые I соответствуют изгибной форме, а II – образованию антишейки. При увеличении h/R оба решения приближаются к значению $\sigma^{0/E}$, соответствующему поверхностной неустойчивости III. Можно отметить что, при малых величинах отношения h/R наблюдается лишь изгибная форма потери устойчивости при любом κ_1 .

Найденное значение критического напряжения σ_0 обозначим σ_{lm} , где $m = 1, 2, 3$. Каждому значению σ_{lm} соответствует параметр Ω_{lm} . Для фиксированных величин l и m из гранич-

ных условий на боковой поверхности определены постоянные интегрирования.

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

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

Для второго приближения эти условия имеют вид

$$\Omega_{lm}^{(2)} \int_0^{R+h} \int_0^h \left[(2\Omega_{lm}^{(0)} + A) \frac{\partial^4}{\partial z^4} \chi_{lm}^{(0)} + 2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Delta \chi_{lm}^{(0)} \right] \chi_{lm}^{(0)} r dr dz = \int_0^{R+h} \int_0^h \left\{ \Delta \Delta + (2\Omega_{lm}^{(2)} + A) \Delta \frac{\partial^2}{\partial z^2} + (\Omega_{lm}^{(2)} + A) \Omega_{lm}^{(0)} \frac{\partial^4}{\partial z^4} \right\} (-z^2 \frac{\partial^2}{\partial r^2}) \chi_{lm}^{(0)} r dr dz.$$

Величина Ω_{lm} определяется как

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

Критическое напряжение σ^0

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

Из решения следует, что характер зависимости двух форм потери устойчивости – изгибной и с образованием антишейки – от геометрического параметра δ для конической области аналогичен канонической (цилиндрической). При фиксированном значении δ критическое напряжение для области в форме усеченного конуса больше, чем канонической.

УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

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

В этом случае, имея ввиду равномерность распределения напряжений по коническому элементу, формулу (1) следует записать в виде

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

где E_T – касательный модуль упругости; γ^1 – коэффициент Пуассона за пределами пропорциональности, определяемый формулой

$$\gamma^1 = 0.5 - \frac{1-2\gamma}{2} \frac{E_c}{E}.$$

Здесь E_c – секущий модуль.

По экспериментально полученной диаграмме σ - ε построена диаграмма деформирования материала σ_i - ε_i . Для двухосного напряженного состояния

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

По найденной таким образом диаграмме деформирования численным дифференцированием построена диаграмма G_T - σ_i для данного материала (см. рис.1).

На диаграмме G_T - σ_i точка ее пересечения с прямой, заданной зависимостью (1) определяет искомое критическое значение σ_i^0 . Соответствующее значение интенсивности деформации ε_i^0 определялось по диаграмме деформирования σ_i - ε_i .

Если учесть сжимаемость материала, то можно записать

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

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

Сравнение теоретических и экспериментальных исследований по значениям осевого перемещения равносильно сравнению их по радиальным напряжениям w_i^0 .

СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ СТАНДАРТАМИ

Национальные классификационные общества и, прежде всего, Американское Бюро Судостроения, Регистр Ллойда, Норвежский Веритас, Германский Ллойд разработали Правила классификации и постройки подводных аппаратов (ПА) и глубоководных водолазных комплексов (ГВК). Для получения классификационного свидетельства акриловые иллюминаторы должны быть спроектированы и изготовлены в соответствии с Правилами постройки и классификации ПА и ГВК, которые базируются на работах американских исследователей, ранее опубликованных в [1].

Предусмотрены следующие основные положения. Рассматривается не стеклоэлемент отдельно, а сборка (иллюминатор) стеклоэлемент–фланец с углом конусности 60°, 90°, 120°, 150°. Допуски на изготовление отдельных частей иллюминаторов должны находиться в следующих пределах.

1. Большой диаметр конической поверхности стекла иллюминатора выполняется с допуском $-0-0,0002D$ от номинального значения D ;
2. Угол конусности стеклоэлемента иллюминатора имеет допуск $+0-0,25^\circ$;
3. Соприкасающиеся поверхности иллюминаторов (обойма–стеклоэлемент) должны обрабатываться с точностью 1,3 мк (прочие поверхности с точностью 2,5 мк);
4. Отношение меньшего диаметра стеклоэлемента d к меньшему диаметру конической полости фланца d_1 должно быть таким, чтобы при рабочем давлении и стеклоэлемент находился в конической полости фланца при воздействии гидростатического давления в указанном интервале. При соблюдении этих условий иллюминатор можно рассматривать как конический акриловый и применять методику расчета критического значения давления, предусмотренного этими правилами.

Органическое стекло марки СО-120, ТОСН было использовано в экспериментальных исследованиях стеклоэлементов с углом конусности 30°, 60°, 90°. Можно отметить, что результаты исследований для этих материалов с углом конусности 60° и 90° близки к рекомендуемым правилам.

Полученные результаты показали, при разности углов конусности $\Delta\alpha$ между основными элементами в пределах 0,5–0,75° можно применять промежуточный слой–герметик, который обеспечит герметичность на начальном этапе нагружения. При этом величина давления нарушения целостности P_1 и характер разрушения существенно не изменятся. Для оценки величины P_1 можно применить предложенную методику. Сравнить теоретические и экспериментальные значения следует по величине осевого смещения стеклоэлемента. Разница будет увеличиваться с увеличением угла конусности. При больших углах конусности (более 90°) и значении $\delta > 0,5$ величина P_1 приближается к значению поверхностной неустойчивости цилиндрической области.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stachiw J.D.* Critical Pressure of Conical Acrylic Windows Under Short-Term Hydrostatic Loading // J. of Engineering for Industry. Ser B. – 1967. – Vol. 89. – №.3. – P.44–54.
2. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Конические акриловых иллюминаторов при кратковременном нагружении // Проблемы прочности /АН УССР: –1983. – № 11. – С. 106–111.
3. *Они же.* Несущая способность конических стеклоэлементов иллюминаторов из акрила с учетом объемной потери устойчивости // Механика твердого тела/РАН. – 2002. – № 3. – С. 164–179.
4. *В.П. Лянзберг.* Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления // Вестник МАИ. – 2003. – Т. 10 – С. 71–79.
5. *Малинин Н.Н.* Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение. – 1968. – 400 с. ■

Современные тенденции проектирования энергетических установок для кораблей и судов демонстрируют увеличение количества объектов с электродвижением. Однако высокие требования по массогабаритным показателям и скоростным характеристикам для надводных кораблей (судов) могут быть обеспечены только за счет наличия в составе энергетической установки газотурбинных двигателей (ГТД). С учетом важности задачи по локализации производства транспортных газотурбинных

двигателей (ГТД) на территории России вопросы совершенствования систем автоматизации корабельных газотурбинных энергетических установок остаются достаточно актуальными.

Сложность автоматизации ГТД объясняется особенностями протекающих в нем рабочих процессов. Традиционно автоматику ГТД разделяют на две основные группы: станции управления, реализующие дискретные алгоритмы управления, и агрегаты топливотрегулирующей аппаратуры (ТРА), обеспечивающие определенные законы изменения расхода топлива для различных режимов работы двигателя. Несмотря на высокий уровень отработки алгоритмической и конструктивной составляющих системы управления, существует ряд недостатков, которые заставляют разработчиков искать альтернативные варианты их аппаратной реализации.

Основными недостатками существующих систем является высокая сложность как конструкции, так и технологии изготовления. Кроме того, к негативным факторам следует отнести низкий уровень унификации и необходимость проведения значительного объема настроечных работ при пусконаладке и в ходе эксплуатации.

Реализация дискретных алгоритмов на современной цифровой элементной базе (в частности, ПЛИС) является исключительно технической задачей и не требует значительных усилий при создании универсальной станции управления. Ситуация с переходом ТРА на цифровые системы управления значительно сложнее.

Различные типы корабельных движителей базируются на разных законах регулирования топливоподачи. Для двигателей, работающих на винты фиксированного шага, традиционным законом регулирования является поддержание постоянного расхода топлива ($G_T = \text{const}$). Для работы на винты регулируемого шага используется комбинированный закон регулирования: на малых режимах работы – постоянный расход топлива, на рабочих режимах – поддержание постоянной частоты вращения силовой турбины ($n_{\text{тв}} = \text{const}$). Различия в типе регулируемого параметра и закона регулирования приводят к необходимости полного изменения конструкции регулятора. Для обеспечения комбинированных законов регулирования в составе ТРА присутствуют два гидромеханических регулятора, воздействующих на один регулирующий орган, управляющий топливоподачей. Поэтому конструкция агрегатов ТРА должна предусматривать их согласованную работу, причем зоны работы регуляторов должны быть также согласованы и с рабочим процессом ГТД. Реализация ограничительных характеристик регулирования в составе регулятора ГТД требует введения изодромных корректирующих элементов со сложной временной характеристикой. Все это значительно усложняет конструкцию гидромеханических регуляторов.

Каждый тип двигателя имеет свои особенности динамики рабочего процесса, поэтому серийные регуляторы должны иметь возможность настройки своих параметров. Однако характеристики траектории запуска даже одного и того же двигателя значительно зависят от внешних условий: температуры и давления наружного воздуха. В связи с этим регулятор ГТД также должен предоставлять возможность настройки парамет-

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

А. Ю. Смирнов, канд. техн. наук, доцент, вед. инженер-программист,
И. Р. Францев, д-р техн. наук, зам. нач. отдела,
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 607 5643

ров автоматического запуска в зависимости от внешних условий. Необходимость такой настройки возникает достаточно часто, что сопровождается неоднократными запусками в ходе одного цикла регулировки с ручной корректировкой топливоподачи и, как следствие, приводит к повышенному расходу ресурса двигателя. Указанные особенности и недостатки значительно повышают стоимость и изготовления, и эксплуатации ГТД.

Отмеченные проблемы могут быть решены путем цифровой реализации законов регулирования на базе промышленных компьютеров или специализированных процессорных модулей. В этом случае все алгоритмы управления реализуются программным путем, а в составе топливной аппаратуры двигателя остается только насос высокого давления переменной производительности (плунжерный или шестеренчатый), управляемый цифровым регулятором. Преимущества такого подхода очевидны, и подобные попытки уже предпринимались, но назвать их полностью успешными нельзя. В значительной мере это связано с недостаточно полным учетом параметрических зависимостей рабочего процесса ГТД и, как следствие, неточностью алгоритмических решений. Так, в частности, техническое задание на ЛСУ для ГТД М90 предусматривало управление топливодозировочным устройством на запуске двигателя по временной характеристике изменения расхода топлива, что противоречит физической модели управления двигателем на этом режиме. В качестве пояснения рассмотрим особенности процесса запуска ГТД.

Наиболее важными условиями запуска двигателя является обеспечение устойчивого процесса горения, с одной стороны, и ограничение температуры газа, с другой. Для выполнения этих требований расход топлива при разгоне двигателя должен возрастать пропорционально производительности компрессора. Действительно, если расход топлива, подаваемого через форсунки в камеру сгорания, увеличивать быстрее, чем расход воздуха, то это приведет к резкому росту температуры газа. С другой стороны, обеднение топливо-воздушной смеси может вызвать срыв факела в камере сгорания или, по крайней мере, значительно увеличит время запуска двигателя.

Для иллюстрации еще одного требования к дозировке топлива на запуске рассмотрим диаграмму изменения моментов (турбины – M_T , стартера – $M_{СТ}$ и компрессора M_K), действующих на турбокомпрессор от оборотов n турбокомпрессора.

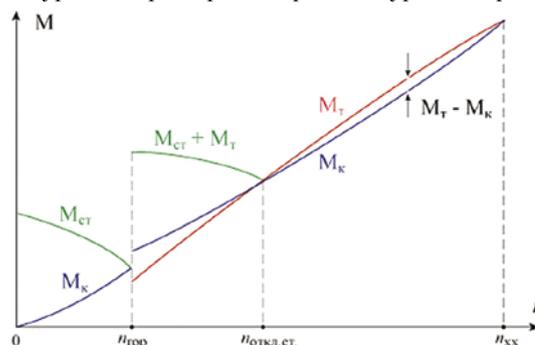


Рис. 1. Диаграмма изменения моментов на запуске двигателя

По способу создания избыточного крутящего момента запуск ГТД можно разбить на три этапа (рис. 1):

- холодный разгон ($M_{ст} > M_k$) с начала этапа запуска до оборотов начала горения топлива $n_{гор}$;
- горячий разгон с сопровождением (стартером) ($M_{ст} + M_t > M_k$) с момента начала горения до оборотов отключения стартера $n_{откл.ст.}$;
- горячий разгон без сопровождения ($M_t > M_k$) с момента отключения стартера до достижения оборотов холостого хода $n_{хх}$.

На этапе холодного разгона турбокомпрессор высокого (или низкого) давления раскручивается стартером до оборотов, при которых в камеру сгорания поступает достаточно воздуха для начала устойчивого горения. В момент начала горения основного топлива резко возрастают температура и давление газа, что приводит к появлению вращающего момента турбины. Последний этап, этап самостоятельного разгона, завершается выходом двигателя на обороты холостого хода.

Говоря об этапе самостоятельного разгона двигателя, необходимо отметить важную особенность этого режима, имеющую непосредственное отношение к регулятору запуска – ускорение разгона двигателя непосредственно зависит от его устойчивости. Чем выше устойчивость, тем больший момент нужен для увеличения частоты вращения. Как видно из диаграммы изменения моментов, самостоятельный разгон двигателя происходит за счет небольшого результирующего момента. Следовательно, для получения достаточного ускорения необходимо снизить устойчивость двигателя. На рис. 2 представлена временная зависимость изменения оборотов турбокомпрессора n и температуры газа перед турбиной T_t на этапе запуска. При этом траектория разгона делится на два участка, соответствующих разным знакам коэффициента саморегулирования β_0 .

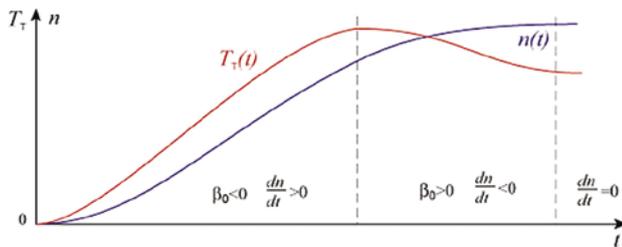


Рис. 2. Траектория самостоятельного разгона двигателя

Рассмотрим возможность выполнения указанных требований к регулятору при помощи уравнений динамики эквивалентного турбокомпрессора в операторной форме [1]:

- уравнение частоты вращения

$$(T_a S + \beta_0) \Delta n = b_0^n \Delta B_\phi,$$

где T_a – постоянная времени турбокомпрессора; β_0 – коэффициент саморегулирования турбокомпрессора; Δn – относительное изменение частоты вращения турбокомпрессора; ΔB_ϕ – относительное изменение расхода топлива через форсунки; b_0^n – коэффициент влияния расхода топлива на частоту вращения;

- уравнение давления воздуха за компрессором

$$(T_a S + \beta_0) \Delta P_k = (\tau_p S + b_0^p) \Delta B_n,$$

где τ_p – постоянная времени объемного аккумулятора; b_0^p – коэффициент влияния расхода топлива на давление воздуха; и уравнения топливного насоса

$$\Delta B_n = \Delta \alpha + \Delta n,$$

где ΔB_n – относительное изменение подачи топливного насоса; $\Delta \alpha$ – относительное изменение угла наклона плунжерной шайбы.

Первое условие запуска определяет пропорциональную зависимость между расходом топлива и давлением воздуха за компрессором:

$$\Delta B_\phi = k_p \Delta P_k, \quad (1)$$

где k_p – коэффициент влияния давления воздуха.

Уравнение динамики разгона получается путем подстановки уравнения регулятора в уравнение двигателя по частоте вращения с учетом динамики газозвдушного тракта двигателя в следующем виде:

$$[(T_a - k_p \tau_p) S + (\beta_0 - k_p b_0^p)] \Delta n = 0.$$

Отсутствие правой части уравнения свидетельствует о стационарности режима, который оно описывает. Следовательно, регулятор, реализующий закон (1), не может сформировать разгонный участок траектории запуска, однако хорошо подходит для стабилизации двигателя на режиме холостого хода.

На малых режимах работы двигатель обладает отрицательной устойчивостью из-за влияния насоса, навешенного на турбокомпрессор. Эта особенность динамики двигателя и может быть использована для формирования траектории запуска. Для этого в закон регулирования необходимо внести зависимость расхода топлива от подачи насоса, т. е.

$$\Delta B_\phi = k_t \Delta B_n, \quad (2)$$

где k_t – коэффициент влияния подачи насоса.

Выразив подачу насоса в правой части (2) через приращение частоты вращения и изменение угла наклона плунжерной шайбы из уравнения насоса, подставим полученную зависимость расхода топлива в уравнение динамики двигателя по частоте вращения:

$$[T_a S + (\beta_0 - k_t b_0^n)] \Delta n = k_t b_0^n \Delta \alpha.$$

Из полученного уравнения разгона следует два важных вывода:

- во-первых, задающим сигналом системы регулирования топливоподачей на запуске является угол наклона плунжерной шайбы насоса. Следовательно, расход топлива через форсунки можно изменять только за счет перепуска части основного топлива на слив;

- во-вторых, $k_t \geq \beta_0 / b_0^n$ при закон регулирования (2) обеспечивает разгон двигателя с отрицательной устойчивостью.

Как видно из проведенного анализа, желаемые динамические характеристики запуска двигателя могут быть обеспечены только в случае одновременной зависимости расхода топлива от давления воздуха за компрессором и от подачи насоса, т. е.

$$\Delta B_\phi = k_p \Delta P_k + k_t \Delta B_n. \quad (3)$$

При этом разгонный участок траектории запуска должен формироваться за счет большего вклада зависимости расхода топлива от подачи насоса, а участок стабилизации, напротив, за счет зависимости расхода топлива от давления воздуха.

ВЫВОДЫ

Из анализа динамических характеристик видно, что алгоритмическая реализация условий запуска возможна только за счет применения параметрического, а не программного регулятора. Более того, в последнем случае изменение расходных характеристик топливной системы (например, замена комплекта форсунок) потребует коррекции временной характеристики запуска, т. е. внесения изменений в программный код регулятора. В данном случае подобная ситуация сложилась из-за отсутствия необходимого этапа анализа динамических характеристик объекта управления при синтезе регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Францев И. Р., Францев Р. Э. Основы автоматки и теории управления. – СПб.: Изд. СПГУВК. –2003.
2. Рыбалко В. В., Венцолис Л. С. Корабельные газотурбинные установки. –Л.: Изд. ВМА. –1988. ■

Сложность автоматизированных бортовых систем управления (БАСУ) летательных аппаратов постоянно возрастает, так как непрерывно увеличиваются функциональные возможности электронных устройств, повышается функциональная и конструктивная интеграция микросхем и микроузлов, растет количество электронных компонентов и уменьшаются размеры печатных соединений и проводников. Соответственно возрастает и сложность технологических операций контроля и диагностирования такой техники, которые являются одними из основных факторов, влияющих на обеспечение качества выпускаемой продукции.

В настоящее время для контроля технического состояния и комплексной проверке БАСУ при их изготовлении используется контрольно-проверочная аппаратура (КПА), которая представляет собой автоматизированную многопроцессорную контрольно-измерительную систему, построенную на базе специализированных промышленных компьютеров, осуществляющих управление процессом контроля – выдачей в объект контроля стимулирующих воздействий и анализом принимаемой информации, содержащей ответную реакцию. Алгоритм тестирования состоит из определенной совокупности элементарных проверок, а также правил, устанавливающих последовательность реализации элементарных проверок, и правил анализа результатов последних. Если хотя бы один из параметров элементарной проверки получает оценку «не годен», то результату проверки присваивается лингвистическая оценка «не в норме». Дальнейшая локализация неисправностей проводится с использованием ремонтно-эксплуатационной документации по таблице, где приведены перечень возможных неисправных состояний в процессе эксплуатации и рекомендации по действиям при их возникновении. Однако существуют некоторые сочетания итогов проверок, при которых невозможно локализовать неисправность до конкретной составной части изделия. В таких случаях решающую роль играет высокая квалификация опытных специалистов, предлагающих оптимальные решения с учетом неопределенностей различной степени и характера. Виды и содержание таких неопределенностей при контроле бортовой аппаратуры подробно рассмотрены в публикации [1]. Выявленная неисправная составная часть выполняется из БАСУ, и дальнейшее диагностирование выполняется на отдельном, специализированном для этой составной части, контрольно-проверочном стенде в целях локализации неисправностей.

Одним из недостатков существующей КПА является отсутствие системы, реализующей алгоритмы постановки диагноза по совокупности диагностических параметров. Это приводит к значительным временным и трудовым затратам в процессе локализации неисправностей, а также снижает вероятность безотказной работы изделия при штатном применении, так как вырабатывается определенный ресурс изделия при различных испытаниях. Требование высокой достоверности и точности диагностирования можно обеспечить за счет включения в контур технологической системы приемочного контроля (объект контроля, процесс контроля, КПА и лицо, принимающее решения (ЛПР)) средств диагностирования в соответствии с ГОСТ 27.202 [2], позволяющих расширить функциональные возможности КПА. Таким образом, разработка новых и совершенствование известных эффективных методов оптимизации процессов контроля и диагностирования для таких систем является актуальной и практически востребованной задачей.

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Ю. Ф. Подоплёкин, *д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, первый зам. ген. директора ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,*
В. А. Смирнов, *аспирант, вед. инженер-электроник ЗАО «НПЦ «Аквамарин»,*
контакт. тел. (812) 271 6774, 445 2122

Цель работы – повысить эффективность и достоверность решения задач приемочного контроля БАСУ в условиях неопределенности, расширение функциональных возможностей КПА за счет использования комбинированного метода поиска неисправностей на основе байесовских сетей доверия (БСД) и прецедентного подхода.

Для выбора оптимальной последовательности проведения процесса контроля и диагностирования в условиях неопределенности предлагается подход, основанный на синергетической комбинации результатов, полученных двумя методами теории искусственного интеллекта, представляющих разные концепции представления и обработки знаний. Это позволяет эффективно использовать их преимущества и, в то же время, преодолевать некоторые недостатки. Структурная схема предлагаемого комбинированного подхода к диагностированию представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема комбинированного метода диагностирования БАСУ

Один из методов основан на использовании математического аппарата БСД. Широкое применение БСД нашли в решении задач медицинской и технической диагностики, в системах автоматического распознавания речевых сигналов и классификации данных различной природы. В сравнении с другими подходами к учету и обработке неопределенностей БСД имеют преимущество, состоящее в достаточной формализации всех этапов их построения и использования. Они дают возможность моделирования редких событий и довольно продуктивны при необходимости учета априорных суждений экспертов, а также в условиях отсутствия достаточного объема статистических данных.

БСД построена таким образом, что ненаблюдаемые переменные (составные части БАСУ) находятся в корневых узлах ациклического графа, а наблюдаемые (тестовые проверки) располагаются в нижнем уровне сети. Между узлами сети установлены причинно-следственные связи. Количественно БСД представлена в виде множества таблиц безусловных и условных вероятностей. Математический аппарат байесовских сетей основан на использовании

четырёх основных правил: формулы Байеса, формулы полной вероятности, правила обобщенной суммы и цепного правила [3].

При построении БСД была выполнена следующая последовательность действий: анализ процесса диагностирования системы, генерация топологии сети, определение безусловных и условных вероятностей для переменных сети. В результате анализа ситуаций, когда возникают неопределенности при локализации неисправностей с точностью до конкретной составной части, были определены конкретные составные части и тестовые проверки, связанные с таким положением, и установлены причинно-следственные связи между ними. Оценка безусловных вероятностей для ненаблюдаемых и условных вероятностей для наблюдаемых переменных сети была получена на основе анализа имеющейся базы данных результатов предыдущих испытаний и опроса высококвалифицированных специалистов. Результаты оценки выражаются в виде таблиц безусловных и условных вероятностей, в которых перечислены вероятности всех возможных значений текущей переменной при условии принятия всех возможных значений ее родительскими переменными.

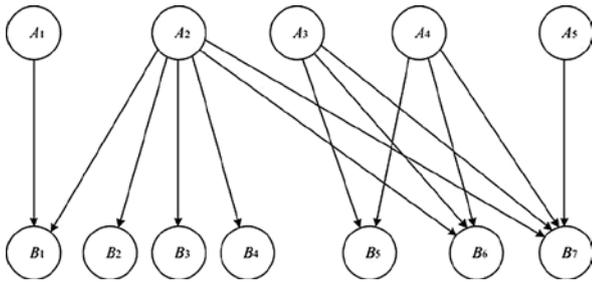


Рис. 2. БСД диагностирования БАСУ

A_1 – радиовысотомер, A_2 – прибор преобразования информации БЦВМ и смежных систем; A_3 – усилитель рулевого агрегата; A_4 – прибор коммутации; A_5 – датчик угловых скоростей; $B_1... B_7$ – тестовые проверки № 1...7. Целевым состоянием узлов сети является неработоспособное состояние и отрицательный результат тестовой проверки

Переменные в узлах БСД являются булевыми. Значения переменных $A_1, ..., A_5$, соответствующие неработоспособному состоянию, равняются 1, а работоспособному – соответственно, 0. Значения переменных $B_1, ..., B_7$, соответствующие отрицательному результату тестовой проверки, равняются 1, а положительному результату – 0. На рис. 1 дано графическое представление БСД, однако это только качественное представление. Количественным представлением БСД является множество таблиц безусловных и условных вероятностей. Например, для переменной B_1 (тестовая проверка № 1) таблица условных вероятностей выглядит (табл. 1):

Таблица 1
Значения условных вероятностей $P(B_1 | A_1, A_2)$

A_1	A_2	$P(B_1=1 A_1, A_2)$	$P(B_1=0 A_1, A_2)$
1	1	0,95	0,05
1	0	0,95	0,05
0	1	0,15	0,85
0	0	0,05	0,95

Диагностическая модель, построенная на основе БСД, используется для вывода суждений, основанных на поступившей информации о результатах прохождения тестовых проверок. По результатам тестирования в диагностической модели происходит установка значений переменных $B_1, ..., B_n$, соответствующих результатам тестовой проверки. Вывод суждений делается на основе изменения степеней доверия к другим случайным переменным $A_1, ..., A_m$, соответствующим состоянию неработоспособности каждой составной части БАСУ. Следовательно, можно сказать, что информация, приходящая в наблюдаемые переменные, распространяется внутри байесовской сети и изменяет вероятностные распределения ненаблюдаемых переменных. Вычисление вероятностей неработоспособности составных частей технической системы дает возможность их ранжировать и сравнивать. Алгоритм

формирования оптимальной последовательности процедур диагностирования составных частей БАСУ представляет собой следующую последовательность шагов:

Шаг 1. Получение информации о результатах тестовых проверок. Установка соответствующих значений переменных $B_1, ..., B_n$ БСД.

Шаг 2. Вычисление апостериорных вероятностей отказа составных частей БАСУ $A_1, ..., A_m$ в соответствии с установленными значениями переменных $B_1, ..., B_n$.

Шаг 3. Сортировка вычисленных вероятностей отказа составных частей БАСУ $A_1, ..., A_m$ в направлении убывания их значений.

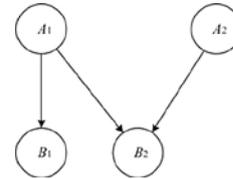


Рис. 3. Пример байесовской сети диагностирования технической системы

Рассмотрим пример поиска отказа фрагмента БАСУ, модель которого в виде БСД представлена на рис. 3, где A_1 – радиовысотомер, A_2 – прибор преобразования информации БЦВМ и смежных систем, B_1, B_2 – тестовая проверка № 1 и 2 соответственно. Значения вероятностей, указанные в табл. 2–5, получены на основе анализа имеющейся базы данных результатов предыдущих испытаний и опроса опытных специалистов (экспертов).

Таблица 2

Значения безусловных вероятностей $P(A_1)$

$P(A_1 = 1)$	$P(A_1 = 0)$
0,11	0,89

Таблица 3

Значения безусловных вероятностей $P(A_2)$

$P(A_2 = 1)$	$P(A_2 = 0)$
0,1	0,9

Таблица 4

Значения условных вероятностей $P(B_1 | A_1)$

B_1	$P(B_1 A_1=1)$	$P(B_1 A_1=0)$
1	0,96	0,04
0	0,04	0,96

Таблица 5

Значения условных вероятностей $P(B_2 | A_1, A_2)$

B_2	$P(B_2 A_1, A_2=1)$		$P(B_2 A_1, A_2=0)$	
	$A_1=1$	$A_1=0$	$A_1=1$	$A_1=0$
1	0,94	0,6	0,9	0,03
0	0,06	0,4	0,1	0,97

Пример 1. По результатам тестовых проверок переменные B_1 и B_2 принимают следующие значения: $B_1 = 1, B_2 = 1$, т.е. оба теста показали наличие неисправностей. Необходимо вычислить вероятности $A_1 = 1$ и $A_2 = 1$, т.е. вероятности неработоспособности радиовысотомера и прибора преобразования информации БЦВМ и смежных систем.

Согласно формуле, предложенной С.А. Тереховым [3, с. 160], вероятность совместного появления событий A_1, A_2, B_1, B_2

$$P(A_1, A_2, B_1, B_2) = P(A_1) \cdot P(A_2 | A_1) \times P(B_2 | A_1, A_2) \cdot P(B_1 | A_1, A_2, B_2).$$

В БСД (см. рис. 3) ориентированные ребра графа отражают те вероятности, которые реально имеют место в данном примере. Так как A_2 не зависит от A_1 , а B_1 не зависит от A_2, B_2 , это позволяет нам представить совместное распределение вероятностей более компактно:

$$P(A_1, A_2, B_1, B_2) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot P(B_2 | A_1, A_2) \cdot P(B_1 | A_1).$$

Воспользуемся другой формулой [3, с. 162] и вычислим вероятности неработоспособности приборов A_1 и A_2 , просуммировав совместное распределение по означиванию всех остальных переменных:

$$P(A_1 = 1 | B_1 = 1, B_2 = 1) = \frac{P(A_1 = 1, B_1 = 1, B_2 = 1)}{P(B_1 = 1, B_2 = 1)} =$$

$$= \frac{\sum_{A_2=\{1,0\}} P(A_1 = 1, A_2, B_1 = 1, B_2 = 1)}{\sum_{\substack{A_1=\{1,0\} \\ A_2=\{1,0\}}} P(A_1, A_2, B_1 = 1, B_2 = 1)};$$

$$\sum_{A_2=\{1,0\}} P(A_1 = 1, A_2, B_1 = 1, B_2 = 1) =$$

$$= P(A_1) \times P(A_2 = 1) \times P(B_2 | A_1, A_2 = 1) \times P(B_1 | A_1) +$$

$$+ P(A_1) \times P(A_2 = 0) \times P(B_2 | A_1, A_2 = 0) \times P(B_1 | A_1) =$$

$$= 0,11 \times 0,1 \times 0,94 \times 0,96 + 0,11 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,96 = 0,0954624;$$

$$\sum_{\substack{A_1=\{1,0\} \\ A_2=\{1,0\}}} P(A_1, A_2, B_1 = 1, B_2 = 1) = P(A_1 = 1) \times$$

$$\times P(A_2 = 1) \cdot P(B_2 | A_1 = 1, A_2 = 1) \times P(B_1 | A_1 = 1) +$$

$$+ P(A_1 = 0) \cdot P(A_2 = 1) \times P(B_2 | A_1 = 0, A_2 = 1) \times$$

$$\times P(B_1 | A_1 = 0) + P(A_1 = 1) \times P(A_2 = 0) \times$$

$$\times P(B_2 | A_1 = 1, A_2 = 0) \times P(B_1 | A_1 = 1) +$$

$$+ P(A_1 = 0) \times P(A_2 = 0) \cdot P(B_2 | A_1 = 0, A_2 = 0) \times$$

$$\times P(B_1 | A_1 = 0) = 0,11 \times 0,1 \times 0,94 \times 0,96 + 0,89 \times 0,1 \times$$

$$\times 0,6 \times 0,04 + 0,11 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,96 + 0,89 \times 0,9 \times$$

$$\times 0,03 \times 0,04 = 0,0985596;$$

$$P(A_1 = 1 | B_1 = 1, B_2 = 1) = \frac{0,0954624}{0,0985596} = 0,968575359 \approx 0,97;$$

$$P(A_2 = 1 | B_1 = 1, B_2 = 1) = \frac{P(A_2 = 1, B_1 = 1, B_2 = 1)}{P(B_1 = 1, B_2 = 1)};$$

$$P(A_2 = 1, B_1 = 1, B_2 = 1) =$$

$$\sum_{A_1=\{1,0\}} P(A_1, A_2 = 1, B_1 = 1, B_2 = 1) = P(A_1 = 1)$$

$$\times P(A_2) \times P(B_2 | A_1 = 1, A_2) \times P(B_1 | A_1 = 1) +$$

$$+ P(A_1 = 0) \times P(A_2) \times P(B_2 | A_1 = 0, A_2) \times$$

$$\times P(B_1 | A_1 = 0) = 0,11 \times 0,1 \times 0,94 \times 0,96 +$$

$$+ 0,89 \times 0,1 \times 0,6 \times 0,04 = 0,0120624;$$

$$P(A_2 = 1 | B_1 = 1, B_2 = 1) = \frac{0,0120624}{0,0985596} = 0,12238686 \approx 0,12.$$

Таким образом, при отрицательных результатах прохождения тестовых проверок B_1 и B_2 значение вероятности неработоспособности радиовысотомера больше, чем прибора преобразования информации БЦВМ и смежных систем. Следовательно, радиовысотомер должен быть демонтирован из БАСУ для проведения дальнейших тестовых проверок на специализированном стенде.

Пример 2. По результатам тестовых проверок переменные B_1 и B_2 принимают следующие значения: $B_1 = 0$, $B_2 = 1$. Необходимо вычислить вероятности $A_1 = 1$ и $A_2 = 1$:

$$P(A_1 = 1 | B_1 = 0, B_2 = 1) = \frac{P(A_1 = 1, B_1 = 0, B_2 = 1)}{P(B_1 = 0, B_2 = 1)} =$$

$$= \frac{0,0039776}{0,0783104} = 0,050792742 \approx 0,05;$$

$$P(A_2 = 1 | B_1 = 0, B_2 = 1) = \frac{P(A_2 = 1, B_1 = 0, B_2 = 1)}{P(B_1 = 0, B_2 = 1)} =$$

$$= \frac{0,0516776}{0,0783104} = 0,65990724 \approx 0,66.$$

При заданных результатах тестовых проверок должен быть демонтирован из БАСУ прибор преобразования информации

БЦВМ и смежных систем для проведения дальнейших тестовых проверок на специализированном стенде.

Второй метод реализует механизм правдоподобных рассуждений на основе прецедентов. Вывод на основе прецедентов показал свою эффективность в случаях, когда отсутствует возможность полного математического описания предметной области и основным источником знаний для решения задач является опыт. Следует отметить, что полученное на основе метода решение не является гарантированно верным, а служит лишь отправной точкой процесса поиска правильного решения. Интуитивно понятно, что правильнее начинать с какого-то приблизительного решения в условиях отсутствия четкого варианта действий. Такой подход к принятию решений основан на многолетней практике работы высококвалифицированных специалистов при диагностировании сложных систем. Вывод, основанный на прецедентах, позволяет получить решение неизвестной задачи, используя накопленный опыт решения похожих задач, хранящийся в библиотеке прецедентов, и адаптируя его к новым условиям.

Прецедент представляет собой некоторый случай, имевший место в прошлом при функционировании БАСУ и состоящий в самом общем виде из задачи (измерительной информации, описывающей состояние отказа) и решения (диагноза и рекомендаций). Прецедент можно представить в виде совокупности следующих характеристик:

$$\text{Case} = (I, X_1, X_2, X_3, D, T_n, W),$$

где I – идентификатор прецедента, $X_1 (X_2, X_3)$ – множество параметров технической системы, описывающее данный прецедент в булевском формате, соответствующее 1-му (2-му, 3-му) уровню глубины поиска, D – диагноз, T_n – дополнительное текстовое описание характера отказа, рекомендаций ЛПР, реализованных мероприятий, перечня выполненных операций, а также мероприятий по предупреждению повторяемости отказа, W – вес (оценка применимости). Вес W выражает числовую оценку применимости данного прецедента. Данная настройка в структуре прецедента влияет на выбор извлекаемых прецедентов и позволяет учитывать предысторию их применения (адаптации) с точки зрения результативности (успешности).

Алгоритм формирования оптимальной последовательности процедур диагностирования составных частей БАСУ представляет собой следующую последовательность шагов.

Шаг 1. Получение информации о результатах тестовых проверок, представленная в виде двоичных последовательностей, характеризующих состояние параметров и проверок.

Шаг 2. Поиск прецедентов, наиболее близких к текущей проблеме. Поскольку исходная информация представлена упорядоченными двоичными последовательностями значений параметров, используется модифицированный метод ближайшего соседа для определения расстояния между текущей ситуацией и ситуацией, описанной в прецеденте. Для определения метрического расстояния на множестве параметров, используемых для описания текущего состояния отказа и прецедента, используется метрика Хэмминга.

Предлагаемая модификация заключается в том, что привлекаются знания о предметной области, а именно, вводятся настройки, входящие в состав прецедента и библиотеки прецедентов, и применяется механизм поиска, основанный на методе логического дедуктивного вывода от общего к частному. Исходя из выявленных закономерностей, позволяющих высококвалифицированным специалистам определять этапы в процессе поиска неисправностей, содержание этих этапов, а также учитывая особенности функционирования КПА бортовых систем летательного аппарата, используется трехуровневая иерархическая модель поиска похожих прецедентов. Классификация параметров позволяет объединить их в подмножества, соответствующие заданной глубине поиска. При диагнозе малой глубины (1-й уровень глубины поиска) в качестве параметров используются значения тестовых проверок. При диагнозе большой глубины (3-й уровень) – значения параметров. При диагнозе средней глубины (2-й уровень)

используется некоторая часть значений параметров совместно с группами параметров, объединяющих другую их часть. Состав параметров 2-го уровня определяется экспертами, на основании их знаний. Например, в БАСУ имеется четыре рулевых агрегата, которые функционируют по одинаковому принципу. Исходя из этого, параметр «смещение нуля РА 1», характеризующий работу первого рулевого агрегата, объединяется в единую группу с подобными параметрами других рулевых агрегатов.

Алгоритмическая модель вычислений, базирующаяся на ветвлениях по значениям параметров, задана ориентированным ациклическим графом, имеющим иерархическую структуру. Таким образом, повышается точность и производительность поиска решения.

Иерархическая модель поиска прецедентов представлена на рис. 4 в виде ориентированного ациклического графа, в котором узлы выделяются по уровням глубины поиска в процессе извлечения прецедентов.

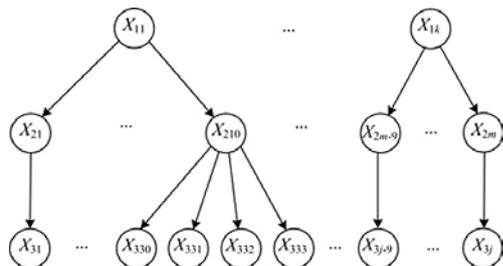


Рис. 4. Графовая модель поиска прецедентов

Формулы для вычисления метрического расстояния на каждом иерархическом уровне поиска выглядят следующим образом:

$$d_1(X_1, X_{1r}) = \sum_{i=1}^k w x_{1r} |x_{1r} - x_{1ri}|; \quad (1)$$

$$d_2(X_2, X_{2r}) = \sum_{i=1}^m w x_{2r} |x_{2r} - x_{2ri}|; \quad (2)$$

$$d_3(X_3, X_{3r}) = \sum_{i=1}^m w x_{3r} |x_{3r} - x_{3ri}|; \quad (3)$$

где $X_1 (X_2, X_3)$ – множество параметров технической системы, описывающее данный прецедент в булевском формате, соответствующее 1-му (2-му, 3-му) уровню глубины поиска, X_{1r}, X_{2r}, X_{3r} – множество параметров, характеризующих текущее состояние отказа.

Настройки в структуре прецедента и библиотеки прецедентов предназначены для их поддержки в актуальном состоянии и используются в решающих правилах правдоподобного вывода. Множество весовых коэффициентов WX позволяет учитывать относительную ценность каждого параметра при извлечении прецедентов из библиотеки прецедентов. Порог V применяется на этапе выбора подходящих прецедентов. Значение порога определяется для каждого уровня глубины поиска на основании правил продукционного типа. Ограничитель O , заданный экспертом, используется на этапе формирования окончательного состава предлагаемого решения. Числовое значение O уменьшает количество рассматриваемых прецедентов, которые ранжированы по возрастанию метрических расстояний и с учетом веса W каждого прецедента.

Поясним на простом примере механизм извлечения прецедентов. Текущие результаты семи тестовых проверок X_{1t} и соответствующие значения параметров $X_1^1, X_1^2, X_1^3, X_1^4$ сохраненных прецедентов представлены в таблице 6.

Пусть $WX_{11} = 0,9$, а остальные весовые коэффициенты определены по умолчанию и равны единице. $V_1 = 1$.

Рассчитаем соответствующие метрические расстояния по формуле (1):

$$d_1^1(X_1^1, X_{1r}) = 0, d_1^2(X_1^2, X_{1r}) = 2, d_1^3(X_1^3, X_{1r}) = 1, d_1^4(X_1^4, X_{1r}) = 0,9.$$

Выбор подходящих прецедентов 1-го уровня поиска происходит с использованием продукционного правила из базы знаний:

Правило: если $\langle d_1 \leq V_1 \rangle$, то «Продолжить поиск», Иначе «Прекратить поиск».

В нашем случае этому условию удовлетворяют d_1^1, d_1^3, d_1^4 . Это означает, что дальнейший поиск будет осуществляться на основа-

нии характеристик отказа X_1^1, X_1^3, X_1^4 . Далее, по табл. 6, определяются такие параметры X_1 , значения которых равны единице хотя бы в одной из X_1^1, X_1^3, X_1^4 . В данном примере ими являются X_{11}, X_{12}, X_{13} .

Поиск на втором уровне происходит по таким X_2 , которые связаны с X_{11}, X_{12}, X_{13} дугами в ациклическом графе (рис. 4), задающем иерархию параметров сравнения.

Таблица 6

Результаты семи тестовых проверок

Характеристика отказа	Значения параметров 1-го уровня глубины поиска						
	X_1	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}
X_{1r}	1	1	1	0	0	0	0
X_1^1	1	1	1	0	0	0	0
X_1^2	1	1	0	1	0	0	0
X_1^3	1	1	0	0	0	0	0
X_1^4	0	1	1	0	0	0	0

Дальнейшее извлечение происходит аналогично рассмотренному выше алгоритму. В результате трех уровневго поиска формируется набор похожих прецедентов.

Шаг 3. Упорядочивание набора похожих прецедентов по возрастанию значений метрических расстояний, рассчитанных по соответствующей формуле. В случае равенства этих значений ранжирование осуществляется на основании веса W каждого прецедента. Окончательный состав предлагаемого решения получается в результате ограничения количества рассматриваемых прецедентов числовым значением O .

Результаты вероятностного вывода на основе БСД и правдоподобного вывода на основе прецедентов являются исходными данными для окончательного формирования оптимальной последовательности процедур диагностирования составных частей БАСУ, которое осуществляется с учетом меры близости прецедента и текущего случая с использованием правил продукционного типа. Например, если метрическое расстояние, вычисленное по формуле (3), равно нулю, т. е. результаты текущих тестовых проверок, представленные в виде двоичных последовательностей, полностью совпадают с параметрами прецедента, то поиск неисправностей целесообразно начинать с диагноза, который зафиксирован в прецеденте.

Следует отметить, что полученное на основе метода решение не является гарантированно верным, а служит лишь отправной точкой процесса поиска правильного решения. Оно представляется в виде, удобном для восприятия ЛПР, и на его основе производится оценка проблемной ситуации, принимается более обоснованное решение о последовательности демонтажа составных частей для проведения их дальнейшего диагностирования на специализированных стендах.

ВЫВОДЫ

Применение комбинированного метода поиска неисправностей дает возможность автоматизировать процесс диагностирования БАСУ и принимать более обоснованные управляющие решения по результатам приемочного контроля. Это, в свою очередь, позволяет не вырабатывать ресурс БАСУ в процессе различных испытаний, повысить характеристики надежности БАСУ, достоверности и точности диагностирования, уменьшить трудовые, материальные и финансовые затраты. Рассмотренный метод может быть реализован программно-аппаратным способом в качестве одного из модулей интеллектуальной системы поддержки принятия решения, интегрированной в КПА. Данный подход имеет перспективы успешного применения в системах контроля и диагностики других отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В. А. Модель контролируемого параметра в бортовых системах управления. – Сб. докл. науч. сессии ГУАП, 2013. В печати.
2. ГОСТ 27.202. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции.
3. Терехов С. А. Введение в байесовы сети. Лекции по нейроинформатике. – Ч. 1. – М.: МИФИ, 2003. – 188 с. ■

Развитие навигации, гидрографии и гидрометеорологии как науки в XXI в. определяется возрастанием роли Мирового океана в решении важнейших задач в экономической, политической, военной, социальной, научной и других сферах человеческой деятельности, а также общим развитием науки, техники и наукоемких технологий. При этом мировая практика показывает, что эффективные действия на море невозможны без использования современных средств и технологий навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГО и ГМО), поскольку пренебрежение этими факторами неизбежно приводит к чрезвычайным происшествиям, гибели людей и к экологическим катастрофам.

Научно-технические проблемы разработки средств и обоснования методов НГО и ГМО и пути их решения в различных областях деятельности на море были предметом исследований, проводимых сотрудниками ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» (ОАО «ГНИНГИ») во все предыдущие годы его деятельности.

История становления института и превращения его в крупную современную научно-исследовательскую организацию неразрывно связана с развитием ВМФ и совершенствованием концептуальных подходов к использованию морских пространств в интересах обороны и экономики страны и представлена в ряде публикаций [1, 5, 6].

Принятая в СССР в 1938 г. программа строительства океанского флота определила потребность в навигационном оборудовании, созданном на отечественных предприятиях. Безаварийное плавание кораблей и судов требовало наличия морских карт прибрежных зон и открытого океана.

Научно-испытательный гидрографическо-штурманский институт, созданный на базе научно-исследовательского бюро Гидрографического управления РК ВМФ, становится координатором вопросов разработки технических средств навигации и гидрографии, методов использования этих средств, технологий выполнения гидрографических работ и составления морских карт. Благодаря усилиям сотрудников института перед войной боевые корабли ВМФ были оснащены отечественными штурманскими приборами.

Во время Великой Отечественной войны институт занимался навигационно-гидрографическим обеспечением

О ВКЛАДЕ ОАО «ГНИНГИ» В РАЗВИТИЕ НАВИГАЦИОННО- ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ К 75-ЛЕТИЮ ГНИНГИ

А. Ф. Зеньков, *ген. директор,*
С. П. Алексеев, *д-р техн. наук, проф., президент,*
П. Г. Бродский, *д-р воен. наук, проф., ОАО «ГНИНГИ»,*
контакт. тел. (812) 322 2112, 322 6613

боевых действий кораблей и частей флотов, ледовой Дороги жизни на Ладожском озере и ледовых трасс по Финскому заливу и в районе Моонзундского архипелага. Велись разработки новых технических средств, среди которых – первая отечественная радионавигационная система «Координатор».

В первые послевоенные годы в институте создавались технологии НГО боевого траления и съемки рельефа дна.

С созданием в середине 50-х гг. ракетно-ядерного флота возникла необходимость повысить точность вырабатываемых навигационных параметров, обеспечить кораблевождение и применение оружия в удаленных районах Мирового океана. В институте были теоретически разработаны принципы построения корабельных инерциальных навигационных систем, абсолютных гидроакустических лагов, спутниковых навигационных систем, радионавигационных систем различного назначения. Получено авторское свидетельство на первый в мире многолучевой эхолот.

Специалистами института и Гидрографической службы ВМФ были созданы карты района высоких широт в квазигеографической системе координат, разработаны методические рекомендации и руководства для навигационного обеспечения плавания в этих широтах.

Понимая необходимость изучения закономерности процессов, происходящих в Мировом океане, сотрудники института приняли участие в походах экспедиций, направленных на исследование в районе Антарктиды.

Совместно с другими научными учреждениями всего за два года удалось заложить научно-технический фундамент и к началу 1960-х гг. подготовить этап практического создания спутниковой навигационной системы. 23 ноября 1967 г. запущен первый отечественный навигационный спутник «Космос-192».

В 70-е гг. институт заявил о себе как о зрелом, полностью сформировавшемся научно-исследовательском учреждении, способном решать в интересах ВМФ и страны в целом самые сложные задачи в области навигации, гидрографии, морской картографии, гидрометеорологии и океанографии.

В этот период сотрудниками института испытаны и приняты на вооружение новые морские средства навигации и океанографии; разработаны способы навигации по рельефу дна и геофизическим полям; внедрены новые методы навигационно-гидрографического обеспечения, в том числе плавания подводных лодок подо льдами Северного Ледовитого океана (СЛО).

Впервые в СССР были разработаны теоретические основы использования цифровой картографической информации в автоматизированных навигационных системах и показаны его перспективы.

В 1972 г. началась эксплуатация первой отечественной низкоорбитальной спутниковой навигационной системы.

В 80-х гг. деятельность института была нацелена на создание системы навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ.

В 1983 г. был запущен первый отечественный океанографический спутник «Космос-1500», начаты работы по созданию космической океанографической системы и ее использование в интересах ВМФ.

В конце 70-х – начале 80-х гг. при головной роли института был разработан целый ряд программ по развитию системы НГО в интересах обороны и экономики страны:

- Программа развития средств и методов геодезии в интересах ВМФ и гражданских отраслей народного хозяйства;
- Программа комплексного исследования Арктики и развития технических средств ее изучения и освоения;

- Программа изучения гравитационного поля Мирового океана.

Указом Верховного Совета СССР от 2 февраля 1984 г. институт награжден орденом Трудового Красного Знамени.

В 1988 г. в связи с реорганизацией научных учреждений ВМФ в состав института был включен Научно-исследовательский океанографический центр (НИОЦ) Министерства обороны, предназначением которого является обеспечение сбора и использования океанографической информации в интересах всех видов вооруженных сил страны. К основным задачам центра относятся:

- разработка методов сбора и обработки материалов гидрометеорологических и геофизических исследований, их научного обобщения и представления в интересах решения задач НГО и ГМО ВМФ;
- создание, ведение и использование банка океанографических данных Министерства обороны в интересах обеспечения морской оборонной и экономической деятельности России информацией о природной среде;
- разработка и научное обоснование предложений по проведению океанографических и геофизических исследований в интересах Министерства обороны.

Использование ресурсов банка данных, наиболее современных информационных технологий и вычислительной техники позволило на качественно новой основе решать задачи гидрометеорологического обеспечения ВМФ и сформировать новое важное направление в работе института – информационное обеспечение органов государственного и военного управления, частей и подразделений ВМФ, мореведческих организаций данными о состоянии природной среды Мирового океана.

В центре были разработаны новые виды гидрометеорологических пособий и специальных карт, оптимальные формы представления информации для потребителей Минобороны, предложены и внедрены в практику научно обоснованные методы обобщения и обработки данных. В 2011 г. банк данных центра получил статус Федеральной государственной информационной системы, оператором которой является Минобороны России.

Поворотный этап в развитии института связан с началом 90-х гг., что обусловлено особенностями того периода:

- приданием институту статуса «государственного» и определением его головной научно-исследова-

тельской организацией, ответственной за разработку и обоснование технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны (Постановление Правительства РФ от 19.06.1994 г. № 711);

- созданием в РФ нормативной правовой основы НГО морской деятельности и определением сферы полномочий Министерства обороны (ВМФ);
- реформированием основных направлений деятельности института в крупные системообразующие компоненты национальной морской политики РФ на ее функциональных и региональных направлениях.

Сегодня ГНИНГИ – единственный в стране научно-исследовательский институт в сфере НГО морской деятельности, не имеющий аналогов в других министерствах и ведомствах России.

В 2013 г. ГНИНГИ разработаны и обоснованы предложения в комплексную целевую программу (КЦП) в части развития НГО морских робототехнических комплексов (МРТК), морских средств навигации и гидрографии (МСНГ) для них и применения МРТК для решения задач НГО ВМФ.

По результатам работы специалистов ГНИНГИ в экспертной группе при Главном управлении научно-исследовательской деятельностью и технологического сопровождения передовых технологий Минобороны РФ по формированию КЦП «Роботизация–2025» в части морских робототехнических комплексов были приняты предложения ОАО «ГНИНГИ» по разработке методических рекомендаций использования МСНГ на МРТК, и проектов общих технических требований на навигационное и гидрографическое оборудование МРТК. В настоящее время ведется комплекс работ по предложенной тематике.

Наряду с традиционной для коллектива института работой по созданию новых технических средств и методов НГО и ГМО, доминирующее положение стала занимать научно-техническая поддержка деятельности органов государственного и военного управления.

В рамках работ по созданию Единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) институт реализует направления технической политики по созданию единого информационного пространства

о состоянии природной среды Мирового океана:

- формирование и ведение государственного информационного фонда данных о состоянии природной среды Мирового океана;
 - создание автоматизированной технологии и аппаратно-программных комплексов сбора, хранения и анализа данных о природной среде Мирового океана;
 - совершенствование технологий планирования, обеспечения качества и экспертизы материалов океанографических исследований.
- НИОЦ ОАО «ГНИНГИ», входящий в состав ЕСИМО как Центр военной подсистемы ЕСИМО Минобороны РФ, обеспечивает потребителю ВМФ широким спектром информационной продукции.

Использование информационных ресурсов Единого центра позволило обеспечить планирование и выполнение экспедиционных работ по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) России в Арктике, выполненных в соответствии с постановлением Правительства РФ от 16.06.1997 г. № 717 «О порядке утверждения перечней географических координат точек, определяющих линии внешних границ континентального шельфа Российской Федерации».

В 2010–2011 гг. ГНИНГИ был выполнен большой объем дополнительной съемки рельефа дна (более 13 000 лин.км), проведены комплексные геофизические работы (7000 лин. км сейсмической съемки) на исследовательском судне с проводкой атомным ледоколом (выполнение геофизических работ осуществлено методом отражённых волн) [2].

Для выполнения гидрографических работ в 2010 г. была организована экспедиция на научно-экспедиционном судне «Академик Фёдоров» под проводкой атомного ледокола «Ямал». В составе экспедиции, кроме головной организации ОАО «ГНИНГИ», принимали участие специалисты ведущих научных организаций России («ВНИИОкеангеология», «ААНИИ», «Севернефтегаз», и др.). Работа была проведена в соответствии с требованиями международных стандартов и Научно-технического Руководства Комиссии ООН.

На основе использования базы данных, включающей как результаты батиметрической съемки 2010 г., так и ретроспективную информацию было осуществлено создание цифровой модели рельефа морского дна для определения и обоснования положения континентальной окраины. Результатами

работ явилось формирование цифровой базы данных для переиздания Карты рельефа дна Северного Ледовитого океана масштаба 1:2 500 000 с нанесением изобаты 2500 м.

Исследования на втором этапе являлись продолжением работ 2010 г. и ставили перед собой цель определения внешней границы континентального шельфа РФ по точкам однопроцентной мощности осадков по результатам сейсмической съемки.

По объему работ 2010 и 2011 гг., выполненных за один сезон в высоких широтах Северного Ледовитого океана, и количеству полученной информации, отвечающей мировым стандартам качества, результаты экспедиций значительно превышают показатели, достигнутые другими приарктическими государствами. Впервые в мире были проведены комплексные гидрографические и геофизические исследования в тяжелых ледовых условиях по заранее запланированным прямолинейным галсам.

Таким образом, в 2013 г. ГНИНГИ завершил трехлетние дополнительные гидрографические работы и двухлетние комплексные геофизические работы методом отраженных волн. Тем самым было обеспечено целевое назначение работ – подготовка переработанного Представления РФ в Комиссию по границам континентального шельфа по закреплению внешней границы континентального шельфа за пределами 200-мильной зоны на основе проведения дополнительных батиметрических и геофизических исследований и анализа ретроспективных батиметрических материалов.

Среди значимых зарубежных проектов ОАО «ГНИНГИ» следует выделить исследования по российско-американской программе долговременного изучения Арктики «Русалка», направленные на долговременное изучение процессов водообмена Берингова и Чукотского морей и влияние арктических вод на структуру океанологических полей севера Берингова моря, а тихоокеанских – на структуру вод морей Чукотского и Бофорта. При этом наряду с исследованием гидрофизических и гидрохимических характеристик, программа включала изучение характера донных осадков и особенностей биоценозов [3].

Долгосрочная цель проекта, в котором принимают участие ведущие российские и зарубежные мореведческие организации – детальный мониторинг индикаторов глобальных климатических изменений в Арктике. С 2014 г. запланировано проведение нового 10-летнего цикла исследований.

Наряду с проведением работ по НГО морской деятельности институт занимает ответственное место в реализации положений энергетической политики РФ, участвуя в выполнении крупных проектов освоения морских нефтегазовых месторождений и развития морской системы транспортировки углеводородов (проекты ШГКМ, ПНМ, «Сахалин-1», «-2», «-3», «Голубой поток», «Северный поток», п. Приморск, Высоцк, Усть-Луга, Тамань, Новороссийск, Де-Кастри и др.).

В этой связи представляется перспективным использование положительного опыта организации комплекса работ ВМФ по повышению безопасности крупных проектов освоения морских нефтегазовых месторождений и развития морской транспортной инфраструктуры, полученного ГНИНГИ в 2003–2010 гг.

В практической плоскости выполнение мероприятий планов совместной деятельности способствовало реализации технической политики ОАО «Газпром» в области морской деятельности, так как было направлено на расширение районов освоения морских нефтегазовых месторождений, в том числе с суровыми климатическими условиями, на сокращение транспортных издержек, повышение уровня безопасности морской деятельности, включая снижение рисков, угрожающих жизни и здоровью людей и нанесения материального ущерба объектам при возникновении аварийных ситуаций.

В рамках выполнения указанных планов были получены следующие основные результаты [4]:

1. Исходя из сферы ведения Минобороны, на основании взаимодействия с ВМФ обеспечен благоприятный оперативный режим реализации планов строительства объектов проекта «Северный поток» в бывших опасных от мин районах. Организовано взаимодействие с органами и структурами ВМФ для реализации предложений по НГО приоритетных проектов освоения нефтегазовых месторождений континентального шельфа.

2. На основании использования базового опыта и практики ВМФ, научно-технического ресурса специализированных учреждений и организаций ВМФ разработаны организационные основы НГО, аварийно-спасательного обеспечения и ледового менеджмента морских объектов разведки, добычи и транспортировки углеводородов, ряд специализированных нормативных документов Системы стандартизации ОАО «Газпром» по вопросам безопасности.

3. На основе технологий «двойного» назначения разработаны технологические инновации, являющиеся объектами правовой охраны (ряд оригинальных технических решений в области ледового менеджмента и спасения персонала объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений подтвержден получением соответствующих патентов).

В настоящее время совместная деятельность организаций Минобороны и крупнейших нефтяных и газовых компаний продолжает оставаться актуальной, так как существует целый комплекс вопросов, решение которых может быть обеспечено только при взаимодействии на уровне Минобороны РФ (ВМФ).

Одним из направлений деятельности института является совершенствование нормативной правовой основы в области НГО. В соответствии с решением Морской Коллегии при Правительстве РФ ГНИНГИ разработал «Концепцию навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности на уровне Российской Федерации». Проект этого документа, определил место системы НГО в составе Государственной системы обеспечения морской деятельности:

- НГО морской деятельности РФ играет ведущую роль в обеспечении безопасности мореплавания как составной части комплекса мер по обеспечению безопасности морской деятельности РФ, связанных с особенностями водной стихии;
- НГО морской деятельности РФ играет важную роль в обеспечении национальной безопасности РФ, в первую очередь, ее военной, мобилизационной и ресурсной составляющих, охраны государственной границы и разграничения морских пространств.

В настоящее время проект этой Концепции рассмотрен и одобрен на заседании научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве РФ от 16 декабря 2010 г. Следующим шагом должны быть разработка и принятие Федерального закона «О навигационно-гидрографическом обеспечении», определяющего правовые отношения в области НГО [7].

В связи с принятием ряда новых концептуальных документов в области морской деятельности РФ в период 2001–2010 гг. (прежде всего, «Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г.» и «Военной доктрины РФ на период до 2020 г.») и во исполнение решения Совета Безопасности РФ от 9 июня 2010 г., утвержденного Президентом РФ 21 июня 2010 г.

№ Пр-1791, Правительством РФ было поручено Министерству обороны подготовить предложения о внесении изменений в Морскую доктрину РФ на период до 2020 г.

В 2012 г. по результатам конкурса Министерства обороны на выполнение НИР «Системные исследования морской деятельности РФ и разработка проектов Морской доктрины РФ на период до 2030 года и нормативного правового акта о государственном управлении морской деятельностью РФ» (шифр «Мореход-2030») исполнителем было определено ОАО «ГНИНГИ».

Комплексный анализ положений действующей Морской доктрины РФ на период до 2020 г. (далее – Морская доктрина) на предмет соответствия их требованиям «Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г.», «Военной доктрины РФ», а также ряда других нормативных правовых актов, разработанных в период с 2001 по 2010 г. и затрагивающих различные аспекты морской деятельности РФ показал, что необходимые изменения Морской доктрины по своему объёму и значимости требуют подготовки новой редакции данного документа.

В ходе проведённых исследований доктринальных и институциональных основ современной морской политики РФ, рассмотрены вопросы совершенствования государственного управления национальной морской политики. В результате выполненных исследований научно-обоснованы приоритетные направления развития и управления морской деятельностью РФ на ближайшую и дальнейшую перспективы.

Выполненный анализ позволил обосновать целесообразность объединения усилия координационных структур, функционирующих в области морской деятельности, разработать новую редакцию Морской доктрины РФ (до 2030 г.) и проект Федерального закон «О государственном управлении морской деятельностью» [8].

В процессе работ по НИР «Мореход-2030» было принято, что разработка закона о государственном управлении морской деятельностью должна быть направлена на исполнение в современных условиях Конституции РФ, на реализацию прав и выполнение международных обязательств России, на обеспечение це-

лостности государственного управления морской деятельностью.

Принятие нового Федерального закона «О государственном управлении морской деятельностью Российской Федерации» будет способствовать гармонизации большого числа документов стратегического планирования, в различной степени касающихся морской деятельности. Разработанный документ учитывает положительный и негативный опыт развития морской деятельности России и одновременно выделяет основные векторы, направленные на достижение национальных интересов страны в Мировом океане на обозримую перспективу.

В настоящее время институтом выполняются прикладные исследования, направленные на разработку новых и совершенствование существующих технических средств навигации, гидрографии и гидрометеорологии, проектирования перспективных средств навигационного оборудования, технологий гидрографических работ и внедрения навигационно-гидрографических информационных ресурсов. В основе проводимых исследований лежит разработка технологических инноваций в области НГО морской деятельности, которая позволит решать ряд важнейших задач научно-технической и инновационной политики для системного и высоко-технологического совершенствования морской деятельности.

Это требует опережающего развития направлений научных исследований и технологических разработок по реализации главных целей, стратегических приоритетов, основных задач государственной политики РФ в области НГО военно-морской деятельности, а также системы приоритетных мер по обеспечению безопасности условий морской деятельности.

Результатом выполнения таких исследований становятся решения важнейших, имеющих общегосударственное значение научно-технологических проблем НГО морской деятельности, имеющих кумулятивный эффект в масштабе отдельных секторов экономики, связанных с НГО. Формирование опережающего научно-технического задела и развитие инновационного потенциала НГО морской деятельности, как осуществление перспективного развития на-

учно-технического и технологического комплекса навигационно-гидрографического приборостроения, ведет к повышению уровня его технологического совершенства.

В целом научно-технический потенциал ГНИНГИ, кадровый состав и современные технологии научных исследований позволяют полностью и качественно решать долгосрочные задачи НГО и ГМО на функциональных и региональных направлениях национальной морской политики.

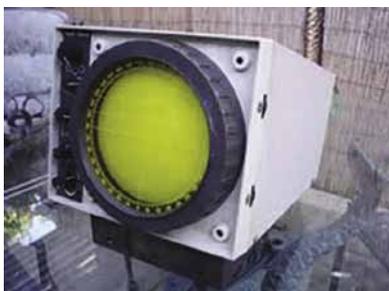
ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина РФ на период до 2020 года: Доктрина (утверждена Президентом РФ 27 июля 2001 г.)//Гарант: информационно-правовой портал. URL: <http://base.garant.ru/2160909/>(дата обращения 24 апреля 2013 г.).
2. Алексеев С. П., Зеньков А. Ф., Глазко В. В. . Комплексные гидрографо-геофизические исследования второго этапа работ по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа РФ в Северном ледовитом океане//Навигация и гидрография. – 2011. – № 32. – С. 31–37.
3. Лаверов Н. П., Кеонджаи В. П., Жданов М. А., Островский А. А., Лаврецов В., Добротворский А. Н., Смолин В. М., Федоров А. А., Сиренко Б. И., Колдер Дж., Крейн К., Витледж Т. Совместная российско-американская экспедиция «Русалка-2004». Цели, описание работ и основные результаты//Навигация и гидрография. – 2005. – № 20–21. – С. 54–64.
4. С. П. Алексеев, Добротворский А. Н., Бродский П. Г. . Организация сотрудничества ВМФ и ОАО «Газпром» – залог системного решения проблемы повышения безопасности морских нефтегазовых объектов//Морской вестник. – 2011. – № 2 (38). – С. 93–95.
5. Алексеев С. П. 70 лет ГНИНГИ МО РФ//Морской вестник. – 2009. – № 2 (30). – С. 80–83.
6. *Он же*. Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации. – Тр. VII Рос. науч.-техн. конфер. «НГО-2011». – Санкт-Петербург, 2011. – С. 24–39.
7. *Неронов Н. Н.* . Федеральный закон Российской Федерации – залог успешного совершенствования навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности государства//Морской вестник. – 2010. – № 3 (35). – С. 93–94.
8. Зеньков А. Ф., Исмаилов А. И. Особенности формирования проекта федерального закона «О государственном управлении отечественной морской деятельностью»//Морской вестник. – 2013. – № 4 (48). – С. 103–108. ■

Постоянное ускорение развития техники заставляет время уплотняться.

Морской компас появился в XII в., гирокомпас был запатентован через 700 лет. От подзорной трубы до РЛС пролегал путь в 600 лет. Первый искусственный спутник был выведен на орбиту в 1957 г., а к 1993 г. спутниковая группировка GPS уже насчитывала 24 аппарата. Датой появления ЭВМ считается 1944 г. и всего через несколько десятилетий после этого был принят комплекс международных стандартов, определяющих концепцию ECDIS (ЭКНИС) – электронной картографической навигационной информационной системы с отображением электронных карт.

Еще не так давно штурман перед выходом в море был обязан провести большую трудоемкую работу: подобрать и откорректировать карты и пособия, сделать предварительную прокладку и проработку перехода с учетом всех навигационных и гидрометеорологических особенностей района плавания, оценить и спрогнозировать возможность получения уверенных обсерваций.



Общий вид РЛС-2



Общий вид РЛС 60-х гг. XX в.

В море тоже работы хватало: ведение исполнительной прокладки, счисление, обсервации, учет сноса, контроль глубин, решение задач расхождения с целями и еще многое и многое другое, без чего невозможно себе было представить штурманскую вахту.

Автоматизация судовождения коренным образом изменила характер штурманской работы. Задачи, разумеется, остались прежними, но теперь они решаются на куда более высоком техническом уровне. В общем случае

АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВОЖДЕНИЯ – ЗАЛОГ БЕЗОПАСНОСТИ

*А. Н. Мязгов, руководитель направления,
А. А. Беликов, нач. отдела, ЗАО «Морские Навигационные Системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840*

под автоматизацией понимается управление каким-либо процессом, при котором участия в нем человека сводится к минимуму или вовсе исключается.

Если упростить представление, то ЭКНИС появилась как симбиоз автопрокладчика, РЛС и системы определения координат. Впоследствии к ним добавились многочисленные датчики навигационной информации. Таким образом, отдельные процессы, реализуемые автоматически соответствующими устройствами, были объединены в единый комплекс и увязаны технически и математически.

Согласно требованиям ИМО (Международной морской организации) ЭКНИС в обязательном порядке должна устанавливаться не только на всех судах водоизмещением свыше 10 000 рег. т, но, как правило, и на других судах. Система существенно облегчает труд судоводителя: ускоряет планирование рейса, позволяет оптимизировать временные и скоростные показатели, обеспечивает выполнение требований безопасности с учетом осадки, наличия опасных зон, метеорологических прогнозов, гидрологических характеристик. Во время плавания электронные картографические системы осуществляют непрерывный и объективный контроль за местом судна и местоположением наблюдаемых целей, предоставляют штурману наглядную и надежную информацию в форме, пригодной для немедленного использования. Таким образом, штурман освобождается от выполнения многих рутинных операций и может сконцентрировать внимание на самых важных задачах, что снижает вероятность совершения ошибок.

ЗАО «Морские Навигационные Системы» имеет большой опыт по разработке ЭКНИС. Для кораблей и судов ВМФ РФ разработан, принят на снабжение и поставляется с 2005 г. модуль обеспечения навигационной безопасности «Аляска-Ч» (ЭНИС «Аляска-Ч»), предназначенный для работы как в составе навигационного комплекса «Чардаш», так и самостоятельно. Модуль ЭНИС «Аляска-Ч» установлен и успешно эксплуатируется более чем на ста кораблях и судах,

реализует все функции полноценной ЭКНИС.

Для обеспечения безопасного судовождения гражданского флота была создана ЭКНИС «Ocean Monarch». Эта система успешно эксплуатируется на судах ОАО «Норильский никель» и входит в состав их основного оборудования.



«Eknis»



Автопрокладчик 50-е гг. XX в.

В настоящее время ЗАО «Морские Навигационные Системы» выпускает на рынок новый продукт для гражданского судовождения – ЭКНИС «Gray Whale», в которой не только реализовано все лучшее, что было в предыдущих системах, но и введено усовершенствованное программное обеспечение на основе опыта и практики судовождения. ЭКНИС «Gray Whale» может использоваться как самостоятельная изолированная система и как часть интегрированного навигационного комплекса во всех районах Мирового океана и на внутренних водных путях.

В новой версии ЭКНИС учтены все требования, которые изложены в ИМО MSC.232 (82), ИМО А.694 (17), IEC 61174 ред. 3, IEC 61162–1 ред. 4, IEC 61162–2 ред. 1, IEC 62288 ред. 1. При использовании ЭКНИС, удовлетво-

ряющей этим требованиям, нет необходимости иметь на корабле бумажные карты, лоции и другие пособия для плавания.

В новом издании реализованы такие функции, как:

- автоматизация постановки на якорь;
- автоматизация швартовки;
- автоматизированное определение маневренных характеристик (маневренных элементов);
- ведение ручного счисления (в аварийном режиме или по желанию пользователя);
- маневр «Человек за бортом»;
- расчет безопасности при плавании в шторм;
- расчет безопасности при плавании на мелководье;
- автоматическое следование по маршруту;
- наложение радиолокационного изображения на карту;
- погодный сервис и ледовая обстановка;
- определение поправки компаса;
- решение задач маневрирования.

ЭКНИС «Gray Whale» принимает информацию от следующих источников навигационных данных:

- гирокомпас;
- магнитный компас;
- лаг;
- эхолот;
- два ГЛОНАСС/GPS-приемника;
- транспондер АИС;
- две системы САРП;
- измеритель направления и скорости ветра;
- датчик температуры воды;
- измерители углов качки;
- авторулевой.

В ЭКНИС «Gray Whale» могут быть одновременно установлены несколько коллекций электронных карт разных производителей, например C-Map Professional+, Jeppesen PRIMAR ENC, C-Map ENC, тестовые карты и карты конвертированные пользователем из форматов S-57/S-63.

Информация, содержащаяся в электронных картах ЭКНИС, используемых для навигации, должна регулярно обновляться. Для этого используются выпускаемые поставщиками электронных карт CD/DVD-диски с обновлениями и новыми версиями карт, а также предоставляется возможность получения этих обновлений через Интернет как непосредственно из ЭКНИС, так и через веб-браузер.

Корректуру электронных карт можно проводить автоматически или вручную, внося изменения путем нанесения на электронную карту необходимой пользователю информации или создавая пользовательские слои.

Штурман может наносить на карту текстовые, линейные, площадные или точечные объекты, выбираемые из заданного набора.

Предварительная прокладка в ЭКНИС «Gray Whale» на электронных картах может выполняться автоматически по выбранному оператором пунктам отхода и прихода. Прокладка осуществляется с помощью системы построения маршрута C-Route, которая включает в себя специальную, регулярно обновляемую базу данных. В этой базе содержится информация о более чем 5500 морских и 2000 речных портах мира, судоходных проливах и каналах, а также многослойный планарный граф с необходимыми атрибутами. Это позволяет быстро построить кратчайший и безопасный маршрут для судна. Система прокладывает маршрут с учетом осадки судна, систем разделения движения, рекомендованных путей, запретных для плавания районов, приливного режима, точек приема лоцмана. При этом автоматически вычисляется координатор безопасности для каждого участка маршрута.

Судоводитель может проигрывать альтернативные маршруты, отмечая разрешенные или запрещенные каналы и проливы, либо вручную накладывать ограничения на прохождение любого участка.

Точки маршрута, расстояние между которыми не превышает 50 миль, при прокладке соединяются локсодромиями. Точки маршрута, расстояние между которыми превышает 50 миль, соединяются ортодромиями.

Автоматически созданный маршрут может в дальнейшем редактироваться вручную.

Имеется возможность ручной прокладки маршрута и ручной корректуры маршрута, проложенного автоматически. Информация о маршруте отображается на картах и в табличной форме.

Для созданного маршрута при необходимости можно произвести дополнительные навигационные расчеты и расчеты по безопасности плавания. Система позволяет это сделать в автоматизированном режиме путем составления расписаний с учетом освоенности, приливов, течений и прогноза погоды. Есть возможность составления различных расписаний для одного и того же маршрута. Созданные расписания можно сохранять и при необходимости корректировать с учетом обстоятельств плавания.

При движении судна на электронной карте ЭКНИС «Gray Whale» непрерывно, в режиме реального времени отображаются местоположение и параметры его движения по данным

от внешних приборов определения места и других источников навигационной информации: лаг, эхолот и пр. При отсутствии (частичном отсутствии) данных от внешних источников навигационной информации, а также в аварийном режиме или при других обстоятельствах можно вести исполнительную прокладку на карте в режиме ручного счисления.

ЭКНИС «Gray Whale» позволяет автоматически управлять судном при следовании по маршруту с использованием авторулевого. Управление осуществляется путем передачи маршрута в авторулевую, который имеет функцию Track Control или передачей ему соответствующих NMEA-предложений (для авторулевых не имеющих функции Track Control).

В ЭКНИС предусмотрены сигнализация и предупредительная индикация для обеспечения навигационной безопасности плавания. При приближении к навигационным опасностям, опасным изобатам, районам запретным или ограниченным для плавания, к запланированным точкам изменения курса или скорости, а также при неисправности или ненадежной работе навигационных датчиков система подает звуковые и световые предупреждения, привлекая внимание штурмана.

Все обстоятельства движения судна документируются в электронном навигационном журнале. Записи параметров собственного движения и целей ведутся в электронном навигационном журнале автоматически. Штурман может на электронной карте по данным журнала воспроизвести пройденный за выбранный промежуток времени путь или вывести его на дисплей в табличной форме, или распечатать на принтере. В электронный навигационный журнал можно записывать также любую другую необходимую судоводителю информацию.

Система следит за точностью следования по выбранному маршруту и за соблюдением расписания. При отклонении от заданного маршрута, при отставании или опережении графика перехода ЭКНИС «Gray Whale» выдает штурману соответствующие рекомендации.

Сопрежение системы «Gray Whale» с АИС позволяет отображать цели АИС на электронной карте, получать полную информацию об этих целях, отправлять и принимать сообщения, быстро идентифицировать цели по названию, IMO-номеру, MMSI и позывному. Эта информация в совокупности с данными о целях, поступающими от системы САРП, позволяет отобразить цели на карте, маневренном планшете, а при необходимости рассчитать

маневр расхождения с опасными целями в автоматизированном режиме.

Задачи расхождения по данным АИС или РЛС решаются в «Gray Whale» как прокладкой линии относительного движения на электронном маневренном планшете, так и прокладкой линии истинного движения на электронной навигационной карте. Можно проигрывать маневр до начала его выполнения. Система позволяет рассчитать маневр не только однократным, но и ступенчатым изменением курса или скорости, что важно при сложных условиях плавания.

Для повышения уровня контроля за безопасностью плавания (или в аварийном режиме, когда невозможно определения позиции судна по высокоточным системам позиционирования) в ЭКНИС «Gray Whale» предусмотрена функция определения места по визуальным пеленгам навигационных ориентиров с помощью пеленгатора, по пеленгам и дистанциями, измеренным РЛС, по вертикальным и горизонтальным углам, измеренным секстаном. Такое определение места может использоваться в аварийном режиме или по решению оператора. Навигационные параметры вводятся в ЭКНИС вручную, место на карте строится автоматически, данные об обсервации и величине невязки документируются в навигационном журнале.

В комплекте с ЭКНИС «Gray Whale» может поставаться внешний двухканальный радар-процессор, который позволяет принимать сигналы от двух РЛС, выполнять их цифровую обработку и формировать массив данных для наложения радарной картинки на электронную карту. Использование радар-процессора значительно расширяет диапазон возможностей ЭКНИС. Наложённая на карту радарная картинка может сохраняться на жестком диске компьютера. Данная функция также служит для повышения уровня контроля за безопасностью плавания

Для соблюдения требований безопасности плавания суда оборудуются двумя комплектами ЭКНИС «Gray Whale», которые работают в сетевом режиме. Внешние устройства могут подключаться как к одной системе,

так и к обеим. Любая информация, поступающая в одну из них, доступна и другой через сеть, в том числе и информация, вводимая пользователем самостоятельно, например маршруты, расписания, корректура и т. п. Программное обеспечение и файлы регистрации данных защищены от несанкционированного доступа.

Меню интерфейса и сообщений в ЭКНИС «Gray Whale» реализованы на английском и русском языках (возможна поддержка других языков). Отображение речных карт реализовано в символической, аналогичной условным знакам Российских атласов внутренних водных путей.

Астрономические способы определения места хотя и не обладают высокой точностью и уступают радиотехническим по многим параметрам, но имеют ряд преимуществ: полную автономность, надежность, возможность применения их в любой точке Земли. По этим причинам астрономические способы определения места используются и сейчас. Особенно они важны как дублирующие, контрольные, а также аварийные.

Для решения задач мореходной астрономии в ЭКНИС «Gray Whale» реализованы все необходимые возможности, такие как: автоматическое выполнение расчетов освещенности по маршруту перехода и для выбранных пунктов, выбор светил для определения места судна, их опознание, определение поправки курсоуказателя, отображение карты звездного неба.

Обеспечение безопасности при плавании в узкостях, проливах или вблизи берегов не может быть реализовано без учета приливов, отливов и приливо-отливных течений. В ЭКНИС «Gray Whale» заложена база данных о более чем 7000 основных и дополнительных пунктах, где наблюдаются приливные явления и около 150000 пунктов с измеренными элементами течений. Для расчета характеристик прилива и приливо-отливных течений на любую дату для заданного пункта достаточно выбрать этот пункт на карте или из списка. Параметры приливов и приливо-отливных течений отображаются на электронной карте, в табличном виде и в виде графиков.

Таким образом, при использовании ЭКНИС «Gray Whale» отпадает необходимость иметь на судне бумажные карты, поскольку электронные карты покрывают весь мир с необходимой точностью. Необязательно иметь такие пособия, как лоции, издания «Огни и знаки», описания средств навигационного оборудования (СНО), «Радиотехнические средства навигационного оборудования» (РТСНО), таблицы приливов, морские астрономические ежегодники и другие, так как вся необходимая информация содержится в базе данных электронных карт и может быть получена простым и удобным способом.

Несомненно, уровень автоматизации судовождения будет постоянно расти. В перспективе возможно появление систем эффективно управляющих всеми процессами, прямо или косвенно связанными с управлением судна, обслуживанием его технических средств. Также эти системы будут получать и обрабатывать огромные объемы информации, поступающей по каналам глобальных информационных сетей. Однако необходимо заметить, что сама по себе автоматизация не должна становиться самоцелью, она призвана разгрузить штурмана, но ни в коем случае не заменить его.

Термин «человеческий фактор» обычно используется при анализе аварий, катастроф и имеет негативный оттенок. Подразумевается, что техника работает исправно, а человек допускает ошибку. Но ведь бывает и по-другому – автоматика выходит из строя, и только своевременное, квалифицированное вмешательство оператора предотвращает беду. Здесь тоже присутствует «человеческий фактор», но уже в позитивном смысле.

Электронные картографические навигационные информационные системы и интегрированные мостиковые системы изначально проектируются ЗАО «Морские Навигационные Системы» таким образом, чтобы судоводитель в случае необходимости мог бы вмешаться в процесс и принять необходимые меры, исходя из своего опыта и видения ситуации. ■

В современных условиях Россия по-прежнему занимает одно из ведущих мест в мире в морском грузообороте и промышленном освоении ресурсов Мирового океана [1]. Морской и речной транспорт – важнейшая составная часть производственной инфраструктуры страны. Одним из факторов успешного функционирования транспортного флота является высокий уровень трудоспособности и здоровья моряков [1–3].

Многообразие и сложность условий работы как на морских судах, так и на судах смешанного или речного плавания, определило системность медицинского обслуживания плавсостава, включающего в себя лечебно-профилактические, санитарно-гигиенические и реабилитационные мероприятия с учетом специфики различных видов труда в морском и речном флоте.

Необходимо отметить, что к концу XX в. в нашей стране и в мире были достигнуты определенные успехи в теории и практике оказания медицинской помощи морякам, что и послужило основой для существования в те годы системы медико-санитарного обеспечения плавсостава.

Система помощи (обслуживания) в СССР включала, в частности, диспансерные наблюдения лиц с заболеваниями, требующими систематического наблюдения врачей-специалистов; профилактические осмотры моряков перед выходом в плавание, а также периодические осмотры; стационарное и санаторно-курортное лечение больных, рациональную профилизиацию коечного фонда в больницах, направление пациентов в санатории-профилактории, на диетическое питание, в оздоровительно-профилактические комплексы и др.

В последние десятилетия в РФ вследствие известных социально-экономических преобразований произошла трансформация всей инфраструктуры транспортного флота и системы охраны здоровья моряков.

В настоящее время управление морским и речным флотом возложено на Федеральное агентство морского и речного транспорта (Росморречфлот). По состоянию на 1 января 2012 г. насчитывалось 112 организаций, подведомственных Росморречфлоту [4]. Только часть из них (около 50%) закреплена за окружными медицинскими центрами ФМБА России, где медицинское обслуживание моряков нормируется государственными правовыми актами.

По понятным причинам имеющиеся в настоящее время нормативные документы, касающиеся обеспечения медицинской помощи работников морского, речного флотов и рыбного хозяйства, устарели.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЛАВСОСТАВА МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА РФ

*А. В. Иванченко, д-р мед. наук, проф., директор,
О. К. Бумай, канд. мед. наук, доцент,
зам. директора по специальной тематике,
А. Е. Сосюкин, д-р мед. наук, проф., зам. директора по клинической работе,
Р. В. Константинов, канд. мед. наук, вед. науч. сотрудник,
ФГУП НИИ промышленной и морской медицины,
контакт. тел. (812) 415 9431*

Так, нормативная база, сложившаяся к 1989 г. (когда был издан приказ Министерства здравоохранения СССР от 6 сентября 1989 г. № 511 «Об улучшении организации медико-санитарного обеспечения работников морского, речного флота и рыбного хозяйства» и приняты «Санитарные правила для морских судов СССР»), сегодня не отвечает современному состоянию медицинского обслуживания транспортного флота.

Вопросы медицинского обслуживания плавсостава необходимо регулировать на межгосударственном уровне.

После ратификации 5 июня 2012 г. РФ Конвенции Международной организации труда (МОТ) 2006 г. «О труде в морском судоходстве» (MLC) (далее – Конвенция) вопросы медицинского обслуживания плавсостава приобретают особую актуальность. Конвенция реализует требования ст. 94 Конвенции ООН 1982 г. по морскому праву, которыми установлены общие правовые рамки обязанностей и обязательств государства флага в отношении условий труда моряков, комплектования экипажей и социальных вопросов на борту судов, плавающих под флагом государства.

Конвенция унифицировала стандарты трудовых отношений в мировой судоходной отрасли в целом для всех государств – участников Конвенции. Нормы Конвенция окажут значительное влияние и на законодательство других государств, поскольку п.7 ст. V обязывает все государства-члены не предоставлять более благоприятный режим судам государств, не ратифицировавших Конвенцию.

Конвенция считает моряками всех работников на борту судна, вводит для них возрастную ценз и предполагает обязательную годность к работе на море по состоянию здоровья, оговаривает необходимые требования к условиям, безопасности и охране труда, устанавливает режим труда и отдыха, оговаривает нормативы по размещению экипажа и организации быта. «Международное руководство по судовой медицине» (2007 г.) устанавливает дополнительные

требования к обеспечению морских судов лекарственными препаратами и делимыми медицинскими назначениями.

В настоящее время возникла необходимость гармонизации основных положений системы медицинского обслуживания плавсостава с требованиями ратифицированной Конвенции. Началом гармонизации явилась отмена в ноябре 2012 г. действия на территории РФ приказа Минздрава СССР № 511. Однако после этого события медицинское обслуживание моряков в РФ и их освидетельствование находятся вне правового поля.

Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины (ФГУП НИИ ПММ) по заказу ФМБА России проводит обоснование и разработку документов в интересах гармонизации нормативной правовой базы РФ с требованиями Конвенции, подготовке нормативных правовых актов, регламентирующих медико-санитарное обеспечение плавсостава морских и речных судов, в которых будут рассматриваться вопросы медицинского обслуживания плавсостава, применимые, возможно, и к персоналу буровых платформ и других объектов.

6 ноября 2013 г. принято Постановление Правительства РФ от № 996 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств РФ, вытекающих из Конвенции 2006 г. о труде в морском судоходстве», определившее круг обязанностей министерств и ведомств по вопросам медицинского обслуживания на борту судна и на берегу.

Так, Минздрав России осуществляет обеспечение соблюдения требований Конвенции, предусмотренных правилами «Медицинское свидетельство», «Медицинское обслуживание...», «Охрана здоровья, обеспечение безопасности и предупреждение несчастных случаев» (в части обеспечения охраны здоровья). Обеспечение санитарно-гигиенических условий возложено на Роспотребнадзор.

В 2004 г. в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 872

«О федеральных учреждениях здравоохранения и федеральных учреждениях оздоровительного профиля» Центральные бассейновые больницы были преобразованы в окружные медицинские центры Минздрава России.

С 2008 г. Окружные медицинские центры подчинены ФМБА России. На сегодня в нашей стране функционирует семь центров, а также ЦМСЧ № 120, оказывающих медицинскую помощь членам экипажей судов РФ, пассажирам и морякам, работающим на судах под флагом зарубежных государств.

О ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ И ИЗДЕЛИЯХ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Как известно, свыше 90% врачевных назначений представляют собой назначения лекарственных препаратов. Поэтому важной составляющей эффективности медицинского обслуживания плавсостава является порядок обращения лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения в условиях морского (речного) плавания, который на сегодня практически не подлжет правовому регулированию.

По этой причине необходимо в соответствии с современной законодательной и нормативной базой:

- разработать «Положение об отделе судовой медицины» на основе существующего «Положения о центральной бассейновой больнице на водном транспорте» с включением требований, касающихся организационной структуры подразделения, обеспечивающего функции обращения изделий медицинского назначения и лекарственных препаратов;
- доработать «Положение о судовом враче» с учетом оборудования мест для хранения, отпуска лекарственных средств (изделий медицинского назначения); процедуры лицензирования; порядка определения потребности, истребования учета лекарственных препаратов (изделий медицинского назначения); организации внутренней системы контроля за обращением лекарственных препаратов;
- разработать «Нормы обеспечения лекарственными средствами судов различного класса, а также перечень лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения, предназначенных для включения в судовую аптечку» (с учетом проведения обязательной процедуры государственной регистрации предложенной к выпуску судовой аптечки).

Отдельную и трудоемкую часть составляет разработка положений, регламентирующих обращение с наркотическими средствами, психотропными веществами и прекурсорами, включая

организацию хранения наркотических средств на судах. Необходимо разработать «Порядок использования наркотических средств и психотропных веществ на речных и морских судах в условиях плавания».

С учетом специфики обеспечения плавсостава морских и речных судов изделиями медицинского назначения и лекарственными препаратами возникает необходимость внесения дополнений в следующие законодательные акты:

- Федеральный закон от 12.04.2010 № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств»;
- Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»;
- Постановление Правительства РФ от 06.07.2006 № 416 «Об утверждении Положения о лицензировании фармацевтической деятельности»;
- Приказ Минздравсоцразвития России от 14.12.2005 № 785 «О Порядке отпуска лекарственных средств».

ОБ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Особенности трудовой деятельности моряков, связанные с удалением от берега и тяжелыми условиями труда, обуславливают необходимость их подготовки к оказанию первой помощи при несчастных случаях и уходе за больными во время рейса.

Это требование закреплено в ряде международных документов, касающихся безопасности мореплавания. Однако с реализацией положений международных конвенций и соглашений в РФ существуют значительные трудности.

Во-первых, до недавнего времени в отечественной медицине не было официальной дефиниции понятия «*первая помощь*». Однако в нынешней редакции Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» устраниены неоднозначности и в ст. 31 дается трактовка термина «первая помощь». В законе подчеркнуто, что первая помощь не является видом медицинской помощи и оказывается пострадавшим до оказания медицинской помощи.

Во-вторых, неопределенная правовая ситуация сохраняется в сфере охраны здоровья моряков и плавсостава. Перечень мероприятий по оказанию первой помощи, утвержденный приказом № 477 н Минздравсоцразвития России, не включает никаких врачебных мероприятий или медикаментозной помощи. Отсутствует нормативное регулирование вопросов оказания первой помощи на судах, регламента хранения и использования аптечек, а также обучения судового персонала навыкам оказания первой помощи при несчастных случаях и уходе при заболеваниях на кораблях.

На судах необходимо иметь в штате лиц, обладающих достаточным уровнем квалификации в различных областях знаний. Особое место занимает подготовка экипажа к оказанию помощи больным и пострадавшим, так как, с одной стороны, это направление деятельности подчас напрямую определяет безопасность и жизнеобеспечение судна, а с другой – связано со значительным объемом информации и высокой степенью ответственности. Как правило, эти задачи капитан делегирует старшему помощнику или другому члену команды, обученному по соответствующим программам подготовки.

Однако *отечественная практика* показала, что назначение моряка согласно п.п. «с» п. 4 Стандарта А.4.1 Конвенции 2006 г. ответственным за медицинское обслуживание положительных результатов не дает, поскольку их подготовка проводится по программам, которые не согласованы с Министерством здравоохранения и носит формальный характер. Назначенные «*медики*» боятся брать на себя ответственность за оказываемую моряку медпомощь (в первую очередь, за проведение инъекций и возможные последствия). По этой причине они ограничиваются консультациями в иностранных портах.

Таким образом, оказание помощи больным и пострадавшим на судне во время рейса может быть прерогативой либо медицинских работников, либо членов экипажа, имеющих достаточно высокий уровень образования по программам, подлежащим обязательной аккредитации.

Должности, занимаемые специалистами с высшим и средним медицинским образованием, на подавляющем числе судов водного транспорта не предусмотрены. То есть, специалисты, которые могли бы *профессионально* оказывать медицинскую помощь пострадавшим во время рейса отсутствуют на судах. Дипломированные медицинские работники присутствуют лишь на некоторых судах, утвержденным ограниченным действующим перечнем законодательно.

В отечественном законодательстве не предусмотрена профессия в системе профессиональной подготовки, предназначенная для оказания *первой помощи* больным и пострадавшим в расширенном объеме в соответствии с требованиями Конвенции «Правила дипломирования моряков и несения вахты» (1978 г.) до этапа оказания *медицинской помощи*.

Но обязанности по оказанию такой помощи в силу закона есть у многих профессий, в том числе у плавсостава.

Учитывая вышесказанное, целесообразно учесть зарубежный опыт по подготовке *спецалистов-парамедиков*, квалифицированно и ответст-

венно оказывающих первую помощь в объемах, значительно превышающем объемы, регламентированные отечественным законодательством. Такая профессия давно существует и имеет богатую историю в странах дальнего зарубежья. Имеется положительный опыт работы парамедиков и на постсоветском пространстве (Казахстан, Украина).

Анализ образовательных программ в учебных заведениях страны по вопросам оказания первой помощи убедительно демонстрирует их краткосрочность, исключительно теоретическую направленность, отсутствие практических навыков.

В настоящее время нет федеральных государственных образовательных стандартов по оказанию помощи больным и пострадавшим на судне во время рейса.

Для реализации образовательных программ необходимо введение в соответствующую номенклатуру новой профессии – парамедик. Только после этого возможно будет сформулировать четкие квалификационные требования к членам команды судна, оказывающим помощь пострадавшим и больным, а именно, к таким как наличие дополнительного профессионального образования с присвоением специальности парамедик, периодичность повышения квалификации и усовершенствований.

В интересах разработки нормативной базы, гармонизированной с международными требованиями, нами были собраны предложения ФГУП «Атомфлот», Федерального агентства по рыболовству, Российской академии наук (РАН) (по исследовательскому флоту), ЦК профсоюза работников водного транспорта РФ, относящиеся к разным аспектам проблем медобслуживания плавсостава.

В части технических требований к разрабатываемой нормативной базе предложено:

1. Подготовить официальные переводы международных правовых актов, затрагивающих вопросы медицинского обслуживания плавсостава морского и промыслового флотов, работников морских добывающих платформ. Через Морскую коллегию при Правительстве РФ и Минтранс России согласовать с Минздравом России медицинскую терминологию, используемую при переводе морских конвенций.

2. Сформировать при Минздраве России постоянную межведомственную рабочую группу по вопросам международного правового регулирования социальных и трудовых отношений в морском судоходстве, в том числе и вопросов медицинского обслуживания.

3. Разработать нормативные и руководящие документы:

– требования к состоянию здоровья моряков, учитывающие положения международных конвенций, а также Руководства МОТ/ВОЗ по проведению предварительных и периодических медицинских освидетельствований моряков и медицинских освидетельствований перед выходом в море;

– утвержденную форму двуязычного Медицинского свидетельства, соответствующего международным требованиям;

– положение о системе качества дипломирования моряков;

ЦК профсоюза работников водного транспорта РФ считает, значительное число обращений моряков за медицинской помощью в иностранных портах свидетельствует об актуальности возвращения судовых врачей на российский флот. По предложению ЦК профсоюза необходимо:

– признать обязательным наличие судового врача на ледоколах с атомными энергетическими установками и других ледоколах, постоянно занятых на проводке судов по Северному морскому пути; на судах, перевозящих опасные грузы и на других судах, имеющих численность экипажа более 15 человек и не заходящих в российские порты более четырех месяцев,

– ввести в штат судового экипажа должность, совмещающую обязанности одного из членов экипажа и медицинского работника, например, буфетчик-фельдшер, матрос-фельдшер, повар-фельдшер. Возможно, что такое предложение будет реализовано через категорию «парамедик».

По мнению Федерального агентства по рыболовству, в связи с особыми условиями труда и повышенной опасностью на судах рыбопромыслового флота необходимо наличие квалифицированного врача на судах с экипажем от 40 человек и более. На судах с экипажем от 25 до 40 человек, по мнению Росрыболовства, на борту необходимо наличие фельдшера.

РАН считает необходимым:

– на крупнотоннажных морских научно-исследовательских судах РАН неограниченного района плавания в Мировом океане (имеющих лазарет с больничными койками) в штатное расписание включить должность квалифицированного врача;

– на средне- и малотоннажных научно-исследовательских судах РАН ограниченного района плавания (в территориальном море и внутренних водах) оказание первой медицинской помощи возложить на лицо, завершившее соответствующий курс подготовки на уровне, требуемом действующим законодательством;

– на маломерных речных судах РАН при плавании по рекам и внутренним водоемам плавсостав должен регулярно проходить обучение правилам оказания первой медицинской помощи на борту до прибытия в ближайший населенный пункт;

– восстановить полноценные медицинские комиссии, осуществляющие медицинские осмотры моряков. Повысить их статус до федерального уровня. Выдавать свидетельства (сертификаты) на право ведения медицинских осмотров водников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда (плавсостав, докеры-механизаторы, судоремонтники, водолазы и др.). В настоящее время они замыкаются на Департаменты здравоохранения субъектов РФ. По некоторым сведениям, по этой причине появляются фирмы-однодневки, в которых моряки проходят медосмотры в ускоренном виде, оставаясь недообследованными, что не может не отражаться на их здоровье и безопасности плавания.

В итоге представляется следующее «пространство» вопросов, проблем, мероприятий по приданию системе медицинского обслуживания плавсостава современного облика, удовлетворяющего возможностям медицинской науки и практики, международным требованиям и политико-экономическим реалиям нашего государства, представленное на рис. 1.

В настоящее время разработаны и находятся на рассмотрении в Минздраве России проекты следующих документов:

- Типовое положение об отделе (отделении) судовой медицины;
- Положение о судовом враче (фельдшере);
- Положение о врачебной комиссии по проведению медицинских осмотров плавсостава;
- Порядок медицинских осмотров плавсостава;
- Список профессий плавсостава морского и речного флота, работники которых подлежат обязательным предварительным при поступлении на работу и периодическим медицинским осмотрам;
- Перечень общих медицинских противопоказаний к допуску на работу плавсостава;
- Перечень дополнительных медицинских противопоказаний к допуску на работу лиц плавсостава, дальнейшей их работе в плавсоставе;
- Личная медицинская книжка моряка;
- Медицинский сертификат о состоянии здоровья моряка;
- Медицинский сертификат обследо-



Рис. 1. Единая система медицинского обслуживания плавосостава морских и речных судов

вания моряка на наличие в биологических средах следов наркотических препаратов;

- Квалификационные требования к подготовке и периодичности переподготовки моряков по оказанию медицинской помощи и уходу за больными и пострадавшими на судне;
- Инструкции по применению лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения, включенных в состав аптек для морских судов, судов внутреннего плавания и судов смешанного (река-море) плавания, не имеющих в штатном расписании должности медицинского работника;
- Регламент по организации обеспечения судов различных типов и классов лекарственными средствами и изделиями медицинского назначения, включая наркотическими и психотропными лекарственными средствами;
- Инструкция по организации проведения медицинских консультаций по радио или по спутниковой связи, включая консультации специалистов, судам в море.

В 2014–2016 гг. считаем целесообразным провести научные исследования по следующим направлениям:

- провести анализ особенностей оказания медицинской помощи в условиях судна и предъявляемые требования к медицинскому персоналу. Разработать нормативные документы по введению в номенклатуру специальностей с высшим и послевузовским медицинским и фармацевтическим образованием специальности «Судовой врач».
- обосновать и разработать нормативные документы по подготовке судового персонала, не имеющего медицинского образования, по оказанию медицинской помощи и уходу за больными и пострадавшими в судовых условиях.
- оценить соответствие существующей в РФ организации взаимодействия государственных органов по вопросам медицинского обслуживания плавосостава требованиям международных документов и разработать предложения по ее совершенствованию. Определить перечень необходимых документов по совершенствованию данной организации и разработать их.
- на основе анализа существующей системы обеспечения лекарственными препаратами и медицинскими

изделиями морских и речных судов на этапах их проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта разработать нормативный документ, регламентирующий организацию обеспечения судов различных классов лекарственными препаратами и медицинскими изделиями.

- обосновать и разработать проект Руководства по организации медицинского учета и отчетности медицинской службы морских и речных судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лелюхин С. Е. Экономическая безопасность государства. Морской транспорт / Мин-во транспорта. России, Дальневост. гос. акад. им. Г. И. Невельского. – Владивосток: Изд. ДВГМА, 2001. – 102 с.
2. Терский М. В. Морской транспорт России на фоне мировых тенденций: монография / Под ред. М. В. Терского, И. И. Меламеда. – М.: Современная экономика и право, 2008. – 207 с.
3. Лукьянович Н. В. Морской транспорт в мировой экономике / – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Моркнига, 2009. – 160 с.
4. Официальный сайт Федерального агентства морского и речного транспорта РФ (Росморречфлот): URL: <http://www.morflot.ru>. ■

Глобальное развитие IT-технологий коснулось всех сфер деятельности человека. Не обошло оно и такую сферу, как машиностроение. Сложные изделия машиностроения во все времена требовали правильной эксплуатации и своевременного обслуживания, обеспечивающего максимальный срок функционирования. Технический прогресс способствует усложнению самих изделий. Обслуживание таких изделий требует наличия квалифицированного персонала и качественной и простой в использовании технической документации. В этой связи особую популярность приобрела документация в электронном виде, в частности Интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР). ЗАО «Си Проект» имеет богатый опыт разработки ИЭТР, а также программных продуктов для автоматизированного создания ИЭТР.

Как и на документацию, подготавливаемую по традиционной схеме – на бумаге, на электронную документацию уже разработан ряд зарубежных и отечественных нормативных материалов. Среди зарубежных наиболее известна спецификация S1000D (спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных). Стандарт S1000D достаточно полно охватывает все аспекты подготовки интерактивной электронной документации в части технологии подготовки, внутренней организации и внешнего вида [1]. Среди отечественных нормативных документов, касающихся разработки документации в электронном интерактивном виде, хочется выделить следующие:

– Р 50.1.030–2001. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных.

– ГОСТ Р 54088–2010. Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы.

Особенностью данных нормативных документов является то, что они вводят классификацию ИЭТР (ИЭТП). Разберемся с существующими классами ИЭТР с тем, что представляет собой каждый класс и в чем их отличие. ИЭТР – это структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, требуемых на этапах эксплуатации и ремонта изделия. ИЭТР позволяет предоставить в интерактивном режиме справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур.

Рассмотрим классификацию в соответствии с Р 50.1.030–2001.

ИЭТР 1-го класса – индексированные цифровые изображения страниц. ИЭТР данного класса представляет собой набор изображений, полученных сканированием страниц документации. Страницы индексированы в соответствии с содержанием, списком иллюстраций, списком таблиц и т. д. Индексация позволяет отобразить растровое представление необходимого раздела документации сразу после его выбора в содержании. Данный тип ИЭТР сохраняет ориентированность страниц и может быть выведен на печать без предварительной обработки.

Согласно вышеприведенному определению, ИЭТР 1-го класса может представлять собой электронный документ, структура и содержание которого выполнены в соответствии с одним из стандартов, например ЕСКД. Данный документ может быть представлен в формате PDF со встроенным интерактивным содержанием, реализо-

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ НОРМАТИВНАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Е. П. Абросимов, руководитель отдела,
Д. А. Богданов, ген. директор,
Р. А. Мыскин, канд. техн. наук, руководитель отдела,
ЗАО «Си Проект»,
контакт. тел. (812) 740 6383

ванным с помощью стандартных закладок PDF-документа. Также стоит обратить внимание и на то, что определение «закладывает» и технологию подготовки документа данного класса: он должен быть получен сканированием бумажного документа, однако не совсем понятно, почему нельзя получить PDF или просто растровое изображение страниц при помощи конвертации из других электронных форматов, в которых изначально разрабатывается документ. Внешний вид ИЭТР 1-го класса проиллюстрирован на рис. 1.

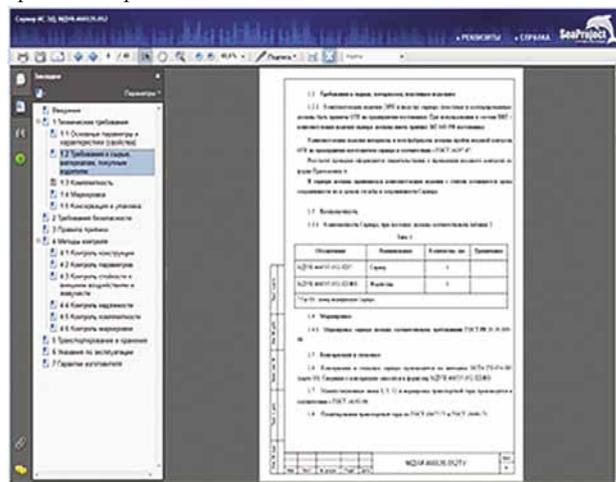


Рис. 1. ИЭТР 1-го класса

ИЭТР 2-го класса – линейно-структурированные электронные документы. ИЭТР данного класса представляет собой совокупность текстов в формате SGML. Оглавление ИЭТР содержит ссылки на соответствующие разделы технического руководства, может содержать перекрестные ссылки, таблицы, иллюстрации, ссылки на аудио- и видеоданные. Предусматривается функция поиска данных. ИЭТР может быть просмотрен на экране и распечатан без предварительной обработки.

С точки зрения пользователя, ИЭТР данного класса отличается от предыдущего наличием интерактивных ссылок и функции поиска. Интерактивные ссылки могут вести на различные блоки текста (разделы, пункты, параграфы), иллюстративные данные (растровые и векторные изображения, 3D-модели, анимационные и видеоролики). Частным случаем формата SGML для хранения и использования текстовой составляющей ИЭТР может служить формат XML, что обеспечивает функцию поиска внутри ИЭТР. Внешний вид ИЭТР 2-го класса показан на рис. 2.

ИЭТР 3-го класса – иерархически-структурированные электронные документы. В ИЭТР этого класса данные хранятся как объекты внутри хранилища информации, имеющего иерархическую структуру. Дублирование многократно используемых данных предотвращается системой ссылок на однократно описанные данные. Так как данные в ИЭТР этого класса организованы иерархически, документация не может быть распечатана без предварительной обработки.

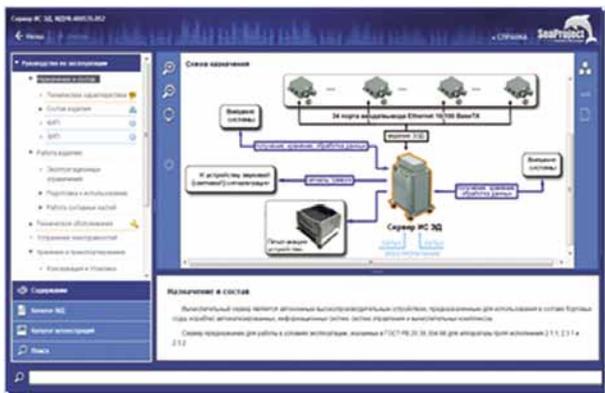


Рис. 2. ИЭТР 2-го класса. Система отображения Seamatica-VR

Явных преимуществ ИЭТР данного класса с точки зрения пользователя нет. Аналогично ИЭТР 2-го класса ИЭТР 3-го класса – это тот же текст в формате XML с внедренными интерактивными ссылками. Однако с точки зрения внутренней организации ИЭТР, а также возможной системы сопровождения документации в виде ИЭТР можно выделить ряд особенностей:

- присутствует четкое разделение между базой данных (хранилищем данных) и программным обеспечением, с помощью которого осуществляется просмотр ИЭТР. База данных (далее по тексту – БД) может быть представлена некой СУБД или организована в виде файлового хранилища. Программное обеспечение, обычно называемое электронной системой отображения (далее по тексту – ЭСО), по определенным правилам осуществляет отображение хранимой в БД информации.

- вся информация разбита на модули данных (далее по тексту – МД), блоки информации, однозначно описывающие изделие (составную часть изделия) и не подлежащего дальнейшему делению на блоки. В итоге конечное ИЭТР складывается из МД, как из кирпичиков. Информацию, изложенную в МД, можно многократно использовать, за счет чего уменьшаются трудозатраты на разработку документации. Кроме того, в случае корректировки МД, автоматически обновляются все ИЭТР, в которых присутствуют ссылки на корректируемый МД. Описанный механизм позволяет сократить трудозатраты при изменении ИЭТР и избежать возможных ошибок.

Внутреннюю организацию ИЭТР 3-го класса иллюстрирует рис. 3.

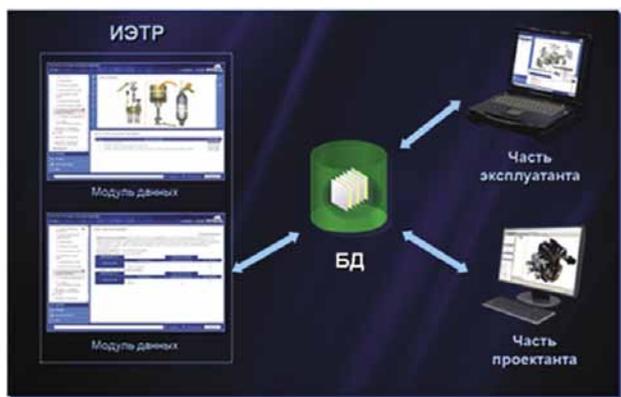


Рис. 3. Организация данных ИЭТР 3-го класса

В дополнение к функциям ИЭТР 3-го класса ИЭТР 4-го класса обеспечивает возможность прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями диагностики изделий. ИЭТР 4-го класса позволяет на-

ибо более эффективно проводить операции по поиску неисправностей в изделии, локализации сбоев, подбору запасных частей.

Особенностью ИЭТР данного класса является функционал по диагностике изделия непосредственно в самом ИЭТР, за счет чего упрощаются операции поиска и локализации неисправностей.

Дополнительно нужно отметить, что в Р 50.1.030–2001 одной из функций ИЭТР является планирование и учет проведения регламентных работ [2]. Но ни в одном из описанных выше классов данная функция не присутствует.

Рассмотрим классификацию в соответствии с ГОСТ Р 54088–2010 и проведем сравнительный анализ [3].

Изучая данный стандарт, можно сделать вывод: он разрабатывался на базе S1000D, и понятием ИЭТР в нем может служить понятие Интерактивная электронная техническая публикация (ИЭТП). Данный стандарт вводит пять классов ИЭТП.

1-й класс ИЭТП аналогичен ИЭТР 1-го класса, однако в ней отсутствует требование к олучению документа путем сканирования. Набор растровых изображений в данном случае можно получить любым способом, в том числе сканированием.

Отличие 2-го класса ИЭТП от ИЭТР 2-го класса заключается, пожалуй, только в наличии возможности использовать функции создания сноска и заметок.

Особенностью 3-го класса ИЭТП является возможность его применения в составе комплекса средств Интегрированной логистической поддержки (ИЛП) в качестве источника и потребителя технических данных. Данная особенность говорит о наличии в составе ИЭТП данного класса жестко структурированных параметрических модулей данных, которые отображаются как справочные, а в составе комплекса ИЛП используются для решения ряда задач. Среди таких задач – регистрация типовых неисправностей и планирование их устранения, учет движения материально-технического обеспечения, учет контролируемых параметров, а также планирование и учет проведения регламентных работ. Внешний вид комплекса ИЛП показан на рис. 4.

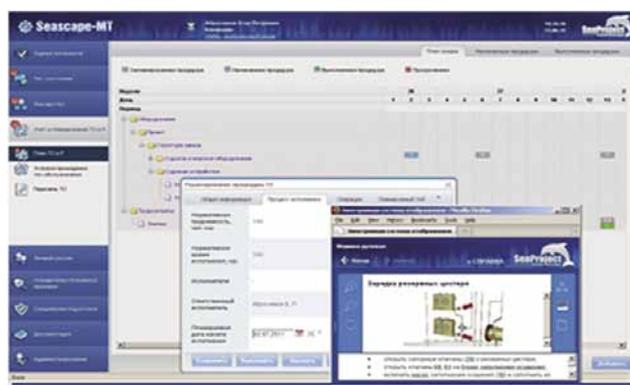


Рис. 4. Комплекс средств ИЛП Seascope-MT

Пожалуй, самым однозначным соответствием обладают ИЭТП 4-го класса и ИЭТР 4-го класса. Однако нужно учитывать, что ИЭТП данного класса сочетают в себе функциональность ИЭТП предыдущих классов, что, в свою очередь, определяет отличия описанные выше.

ИЭТП нового, 5-го класса, аналога которому в Р 50.1.030–2001 нет. Эти ИЭТП, обладают основной функциональностью 3-го и/или 4-го классов и включают в себя средства накопления полученных в процессе эксплуатации технических данных, их анализа и формирования рекомендаций пользователям ИЭТП о предпочтительном порядке обслуживания изделия

и диагностики неисправностей (ИЭТП, включающие в себя элементы экспертных систем).

Судя по определению, ИЭТП данного класса – это программно-аппаратный комплекс, способный накапливать данные в процессе эксплуатации изделия. Причем это накопление может быть автоматизированным, как в случае ИЭТП 4-го класса, при наличии прямого интерфейсного взаимодействия с программно-аппаратными средствами контроля и диагностики, так и ручного, когда данные вводятся пользователем ИЭТП. Среди описываемых данных могут быть такие параметры, как частота выхода из строя определенных составных частей и блоков изделия. На основании такой информации система сама должна информировать о необходимости чаще выполнять определенные процедуры обслуживания часто выходящего из строя блока или замены блока целиком.

Подведем итоги проведенного сравнительного анализа. ГОСТ Р 54088–2010 – стандарт более новый, чем Р 50.1.030–2001, однако он не позиционируется как замена Р 50.1.030–2001. Тем не менее, можно явно сделать ряд выводов о соответствии разработанных ранее ИЭТР (по Р 50.1.030–2001) новому нормативному документу (табл. 1)

Соответствие ИЭТР и ИЭТП

Таблица 1

Класс	Р 50.1.030–2001 (ИЭТР)	ГОСТ Р 54088–2010 (ИЭТП)
1	Однозначное соответствие	
2	Функциональность ИЭТР 2-го класса	Функциональность ИЭТР 2-го класса + Функции создания сносок и заметок

Класс	Р 50.1.030–2001 (ИЭТР)	ГОСТ Р 54088–2010 (ИЭТП)
3	Функциональность ИЭТР 3-го класса	Функциональность ИЭТР 2-го класса + – Функции создания сносок и заметок – Наличие параметрических модулей данных
4	Функциональность ИЭТР 4-го класса	Функциональность ИЭТР 4-го класса + – Функции создания сносок и заметок – Наличие параметрических модулей данных
5	Классификация отсутствует	Новый функционал

Программный продукт Seamatica, разработанный ЗАО «Си Проект», позволяет получать ИЭТП до 3-го класса включительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. S1000D. Международный стандарт для технических публикаций, выполненных на общей базе данных. Спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных/
2. Р 50.1.030–2001. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных.
3. ГОСТ Р 54088–2010. Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. ■

Си Проект

ЗАО «Си Проект»- лидер российского IT-рынка в области создания программного и информационного обеспечения для управления процессом эксплуатации сложной техники.

+7 (812) 740-35-95

Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д.52
info@seaproject.ru, www.seaproject.ru



НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

 Интегрированная логистическая поддержка

 Информационная поддержка действий в аварийных ситуациях

 Тренажерные комплексы

 3D-проектирование

 Разработка интерактивной электронной технической документации

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Конструктивно-технологической особенностью бессварного соединения труб (рис. 1) является возможность его осевого перемещения от возникающего давления, вызывающего различные по характеру напряжения. Установление величин перемещений и напряжений служит основанием для утверждения, что такое соединение компенсирующее. Это дает возможность при наличии таких соединений, например в забойных трубах, считать их компенсаторами, что позволяет отказаться от установки компенсирующих устройств, таких как сильфонные компенсаторы и им подобные, в том числе и импортные (см. работу Штрауба, Дрессера и др).

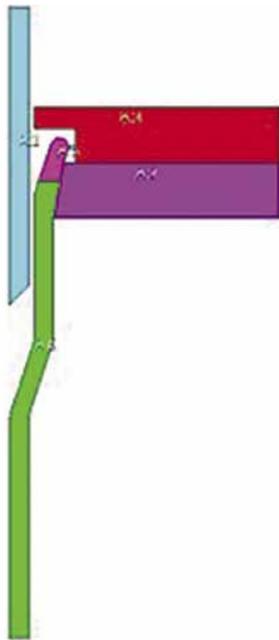


Рис. 1. Бессварные соединения труб

Параллельно знанию численных значений осевых перемещений позволяет определить длину цилиндрического раструба, обеспечивающую герметизацию соединения.

По характеру такое соединение является самоуплотняющимся за счет наличия эластомерной прокладки, т. е. чем больше внутреннее давление транспортируемой по трубопроводу рабочей среды, тем выше будет и герметичность соединения.

Метод конечных элементов (МКЭ) дает возможность определить численные значения напряжений и перемещений. Точность получаемых с его помощью результатов вполне удовлетворяет практическим целям и соответствует точности исходных данных.

Подлежащая исследованию область изменения искомого функции разделяется на ряд подобластей. В данном случае исследуется область контактов наружной поверхности трубы, входящей в раструб, самого раструба и эластомерной прокладки, находящейся меж-

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ БЕССВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. А. Веселов, инженер ОАО «Адмиралтейские верфи»,

Б. А. Горелик, д-р техн. наук, проф.,

А. И. Фрумен, канд. техн. наук, доцент, СПбГМТУ,

контакт. тел. (812) 714 8597, 8 (905) 287 9612

ду ними. Искомые функции идеализируются в каждой из этих подобластей конечными элементами (в программе Ansys–Solid42). В пределах каждого конечного элемента поле перемещений аппроксимируется полиномами так, что коэффициенты аппроксимирующего полинома выражаются через его значения в конечном числе узловых точек конечного элемента.

Решение задачи по определению искомого функций в узлах сетки конечных элементов заключается в нахождении перемещений ее узлов. Решается построенная система алгебраических уравнений для больших перемещений итерационным путем методом Ньютона–Рафсона.

В случае контактной задачи МКЭ при нахождении значений узловых перемещений и напряжений на основе вариационного принципа дополнительно вводятся коэффициенты Лагранжа, позволяющие определять поля перемещений и напряжений, удовлетворяющие условиям контакта.

При решении задачи использованы следующие исходные данные:

Характеристики материала трубных элементов — сталь 10

Модуль упругости $E = 2,7 \cdot 10^4$ МПа

Предел текучести $\sigma_t = 280$ МПа

Предел прочности $\sigma_b = 350$ МПа

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$

Шероховатость поверхности $R_A = 1,25–2,5$

Размер труб $d = 108$ мм

Толщина стенки — 5 мм

Характеристики эластомерной прокладки

Модуль эластичности 250–300 Н/см²

Коэффициент Пуассона $\nu = 0,48–0,50$

Предел прочности $\sigma_b = 20–28$ МПа

Коэффициент трения резины $f = 0,4–0,6$

Транспортируемая рабочая среда — забортная вода

Давление рабочей среды $P_p = 1,6$ МПа

Скорость движения рабочей среды — 2,5–3 м/с

Температура рабочей среды $t^\circ\text{C}$ — до 80 °C

Сложность расчета заключается в наличии двойной нелинейности перемещений резины (геометрическая нелинейность) и в переменной зоне контакта

между трубами и уплотнением (топологическая нелинейность).

Для решения указанной задачи была выбрана программа Ansys.

Разбивка расчетной модели (РМ) на зоны моделирования показана на рис. 2 (резиновое уплотнение не показано), а сечение расчетной модели — на рис. 3. Всего расчетная модель содержала около 40 000 конечных элементов типа Solid42 (осесимметричная опция). Фрагмент её разбивки на конечные элементы показан на рис. 4. Нагружалась конструкция внутренним давлением, равным 1,6 МПа. РМ содержала три пары линий контакта.

Результаты расчета приводятся на рис. 6–10. Максимальные суммарные перемещения составляют 0,994 мм (уплотнение) (рис. 5). Максимальные продольные перемещения равны 0,969 мм (рис. 6), а максимальные радиальные — 0,424 мм (рис. 7). Распределение эквивалентных напряжений в районе соединения труб приводится на рис. 8. Максимальное напряжение равно 5,56 МПа. Распределение эквивалентных напряжений в резиновом уплотнении показано на рис. 9. Максимальное напряжение — 0,43 МПа.

Из рис. 9 видно, что зона максимальных напряжений приходится на угловой участок контакта резинового уплотнения. Наличие скругления торца прокладки радиусом 3 мм позволяет снизить концентрацию напряжений и повысить долговечность работы узла соединения.

Расчет показывает, что напряжения и перемещения трубных элементов от действия внутреннего давления транспортируемой среды составляют: 0,38 МПа, а суммарные перемещения — 1,15 мм.

Поскольку на трубопровод и, соответственно, на бессварное соединение действуют дополнительные возмущающие силы от корпуса судна и вибрации механизмов, дающие перемещение, равное 3–5 мм, то суммарное перемещение составит от 5 до 8 мм в каждую из противоположно направленных сторон в зависимости от диаметра труб.

В целом данные, полученные с использованием МКЭ, дают основание считать перемещения и напряжения в трубопроводных элементах незначительными, что и позволяет применить их в качестве компенсаторов, обеспечивающих герметизацию соединения.

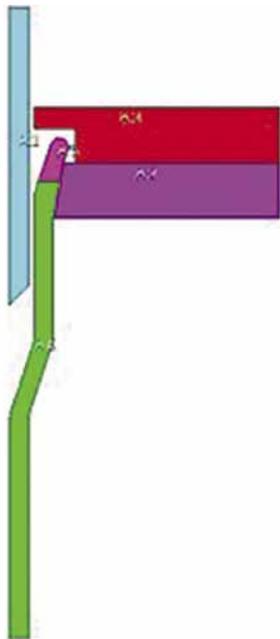


Рис. 2. Разбивка расчетной модели на зоны моделирования (резиновое уплотнение не показано)

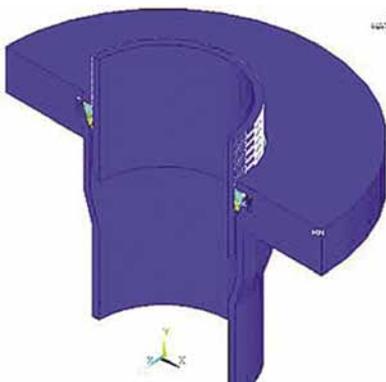


Рис. 3. Сечение расчетной модели

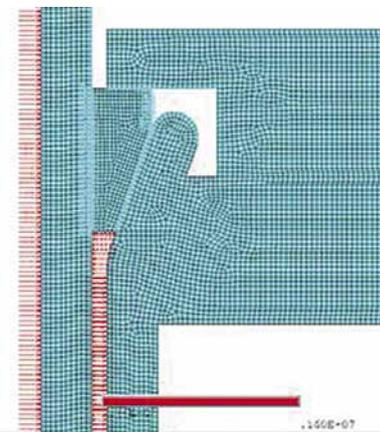


Рис. 4. Разбивка расчетной модели на конечные элементы и нагрузка ($P = 1,6 \text{ МПа}$)



Рис. 5. Распределение суммарных перемещений в резиновом уплотнении. Максимальное (красный цвет) перемещение – $0,994 \text{ мм}$

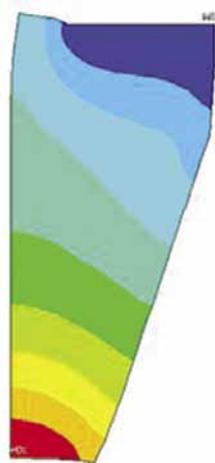


Рис. 6. Распределение продольных перемещений в резиновом уплотнении. Максимальное (красный цвет) перемещение – $0,969 \text{ мм}$

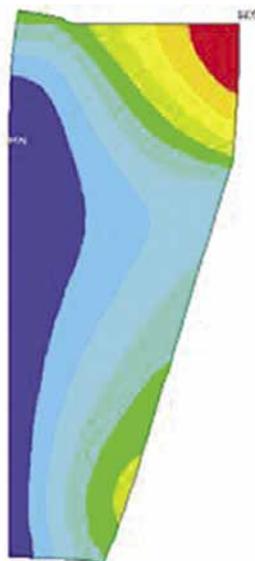


Рис. 7. Распределение радиальных перемещений в резиновом уплотнении. Максимальное перемещение – $0,424 \text{ мм}$

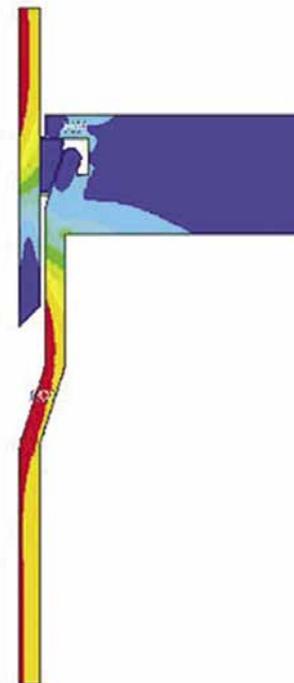


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений в районе соединения труб. Максимальное (красный цвет) напряжение – $5,56 \text{ МПа}$

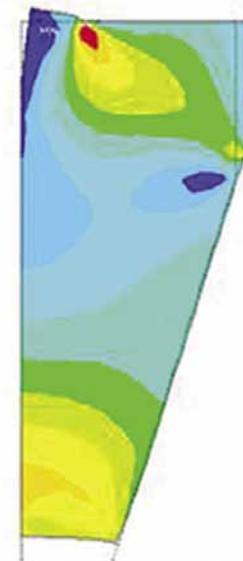


Рис. 9. Распределение эквивалентных напряжений в резиновом уплотнении. Максимальное напряжение – $0,43 \text{ МПа}$

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Горелик Б.А. Трубопроводчик судовый. – Л.: Судостроение, 1990.
- 2 Фрумен А.И. Опыт построения инженерных расчетных схем на базе решения задач по МКЭ с помощью пакета ANSYS. – Мат-лы 19 Международ. конфер. «Математическое моделирование в механике сплошных сред. Методы граничных и конечных элементов», СПб., 2001.
- 3 Шаров Н.Н. Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей. – М.: Машиностроение, 1983. ■

Современные суда в реальных условиях подвергаются различным внешним воздействиям, среди которых наиболее распространены ветроволновые возмущения, представляющие собой совокупность многих гармоник с неизвестными амплитудами, частотами и начальными фазами. Кроме того, возмущения зависят от балльности моря, курсового угла, загрузки судна и т.д.

Качественное управление судами возможно только при наличии полной и точной информации как о параметрах движения самого судна, так и о параметрах внешних возмущений. Такую информацию получают с помощью различных алгоритмов фильтрации.

Наиболее распространенными являются Калмановские алгоритмы [1], использующие текущие невязки в обратной связи. Данные алгоритмы позволяют получать удовлетворительные оценки искомых параметров лишь при хорошем знании математических моделей движения и измерения и отсутствии действия внешних возмущений. В данной работе предложены алгоритмы фильтрации, позволяющие получать оценки параметров движения в условиях действия развитого морского волнения. Работа этих алгоритмов основана на использовании не только текущих невязок, но и интегралов от этих невязок. В работе [2] была рассмотрена возможность использования данных фильтров при действии медленно меняющихся возмущений.

МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

В качестве модели объекта управления рассмотрена линейная модель гидрографического судна «Сибиряков» при действии неизвестных ветроволновых возмущений.

$$\begin{aligned} \dot{V}_z &= a_{011}V_z + a_{012}\omega_y + b_{01}u + P + \zeta_V; \\ \dot{\omega}_y &= a_{210}V_z + a_{220}\omega_y + b_{02}u + M + \zeta_{\omega}; \\ \dot{\varphi} &= \omega_y + \zeta_{\varphi}, \end{aligned} \quad (1)$$

где V_z, ω_y – линейная и угловая скорости судна; φ – угол курса, u – управляющее воздействие; P, M – сила и момент, действующие на судно.

Матричная запись системы (1) имеет вид

$$\dot{x}_o = A_o x_o + B_o u + F + \zeta,$$

где $x_o = (V_z, \omega_y, \varphi)^T$ – вектор координат движения судна; $F = (P, M)^T$ – вектор внешних возмущений; $\zeta = (\zeta_V, \zeta_{\omega}, \zeta_{\varphi})^T$ – случайные помехи с известными статистическими параметрами, характеризующие неточность модели;

$$A_o = \begin{pmatrix} a_{011} & a_{012} & 0 \\ a_{210} & a_{220} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; B_o = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ 0 \end{pmatrix},$$

– известные с определенной точностью матрицы.

Матрица состояния A_o и внешние возмущения F известны лишь с определенной точностью, поэтому для получения несмещенных оценок координат будем пользоваться приближенной моделью вида $\dot{x} = Ax + Vu + \zeta$, где матрицы A и B имеют вид аналогичных матрицам A_o и B_o ,

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

с известными гидродинамическими параметрами $a_{12}, a_{22}, a_{21}, a_{22}$, которые могут существенно отличаться от параметров исследуемого объекта управления $a_{011}, a_{012}, a_{021}, a_{022}$.

Управляющие органы описываются, как правило, нелинейной функцией вида

АЛГОРИТМЫ ФИЛЬТРАЦИИ С ИНТЕГРАЛЬНЫМИ НЕВЯЗКАМИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТОГО МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ

Л. М. Клячко, *д-р техн. наук, ген. директор ЦНИИ «Курс»*,
Н. Н. Тарасов, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник*,
Г. Э. Острецов, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник*,
ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова,
контакт. тел. 8 (495) 334 9220, 334 8700

$$\dot{u} = \begin{cases} 0, & \text{if } |\sigma| < \sigma_0, \\ du_0(\sigma - \sigma_0) / (\sigma_1 - \sigma_0), & \text{if } \sigma_0 \leq \sigma \leq \sigma_1, \\ du_0, & \text{if } \sigma > \sigma_1, \\ du_0(\sigma + \sigma_0) / (\sigma_1 - \sigma_0), & \text{if } -\sigma_1 \leq \sigma \leq -\sigma_0, \\ -du_0, & \text{if } \sigma < -\sigma_1, \end{cases}$$

где u – управляющее воздействие; du_0 определяет скорость кладки руля и в работе принята равной $du_0 = 3 \text{ grad/sek}$, σ_j – величины, определяющие зону нечувствительности, причем $\sigma_0 = 1 \text{ grad}$, $\sigma_1 = 6 \text{ grad}$.

Если $u > u_{\max}$, то $u = u_{\max}$. Если же $u < u_{\min}$, то $u = u_{\min}$, причем $u_{\max} = 30 \text{ grad/sek}$, а $u_{\min} = -30 \text{ grad/sek}$.

Величина σ , как правило, определяется следующим образом:

$$\sigma = k_{\varphi}(\hat{\varphi} - \varphi_{\text{зад}}) + k_{V_z} \dot{V}_z - u, \quad (2)$$

где k_{φ}, k_{V_z} – постоянные величины.

Современные измерительные комплексы позволяют определять достаточно большой объем информации о параметрах движения судна. Однако качество этих параметров различно. Рассмотрим следующие измерения: $y_{V_z} = V_z + \xi_{V_z}$, $y_{\omega_y} = \omega_y + \xi_{\omega_y}$, $y_{\varphi} = \varphi + \xi_{\varphi}$. С достаточной степенью точности математическая модель измерения представляется в виде [3]

$$y = Cx_o + \xi, \quad (3)$$

где $C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица наблюдений; $y = (y_{V_z}, y_{\omega_y}, y_{\varphi})^T$ –

вектор измерений; $x_o = (V_z, \omega_y, \varphi)^T$ – вектор фазовых координат; $\xi = (\xi_{V_z}, \xi_{\omega_y}, \xi_{\varphi})^T$ – случайная векторная помеха измерения с известными статистическими характеристиками.

МОДЕЛЬ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Из встречающихся на практике возмущений можно выделить следующие:

а) медленноменяющиеся (постоянно действующие) возмущения, возникающие при различных течениях, дрейфах и т.д. Такие возмущения описываются уравнениями вида [1]

$$\dot{F}_m = \zeta, \quad (4)$$

где ζ – случайный сигнал, характеризующий изменение в медленноменяющемся входном возмущении;

б) волновые возмущения F задаются как совокупность гармоник со своими амплитудами частотами и случайными фазами, которые, в свою очередь, зависят от балльности, скорости хода и курсового угла и определяются, как правило, по данным натурных испытаний:

$$F_{by} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{f_{yi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{f_{yi}}); M_{bz} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{m_{zi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{m_{zi}}); \quad (5)$$

$$F_{bz} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{f_{zi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{f_{zi}}); M_{by} = K_b \sum_{i=1}^n \alpha_{m_{yi}} \sin(\omega_i t + \varphi_{m_{yi}}),$$

где $\alpha_{f_{yi}}, \alpha_{f_{zi}}, \alpha_{m_{zi}}, \alpha_{m_{yi}}, K_b$ – постоянные параметры, получаемые, как правило, экспериментальным путем; ω_i – частоты колебаний; $\varphi_{f_{yi}}, \varphi_{f_{zi}}, \varphi_{m_{zi}}, \varphi_{m_{yi}}$ – случайные начальные фазы колебаний.

АЛГОРИТМЫ ФИЛЬТРАЦИИ С ИНТЕГРАЛЬНЫМИ НЕВЯЗКАМИ

Для получения оценок фазовых координат \hat{x} объекта (1) по измерениям (3), как правило, пользуются фильтром Калмана [1], который в общем случае имеет вид

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + BU + K_0(y - C\hat{x}),$$

где коэффициенты усиления K_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1,3}$ определяются из уравнения Риккати $\dot{P} = AP + PA^T - PC^T R^{-1} CP + Q$, причем $K_0 = (K_{ij}) = PC^T R^{-1}$.

Данный алгоритм позволяет получать несмещенные оценки фазовых координат только в случае, когда матрицы состояния модели A и объекта A_0 совпадают, а внешние возмущения и помехи измерения представляют собой случайные процессы с известными статистическими характеристиками. При этом невязки $v = y - C\hat{x}$, представляют собой центрированные случайные процессы. При неточной информации о параметрах модели или внешних возмущающих воздействиях эти невязки перестают быть центрированными.

Для устранения этой ошибки и повышения качества оценок в работе предложен алгоритм, включающий в обратную связь не только текущие невязки измеряемых координат $v = y - C\hat{x}$, но и накапливаемые интегральные невязки. В этом случае алгоритм фильтрации примет вид [4]

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + BU + K_0(y - C\hat{x}) + K_1 \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 + K_2 \iint (y - C\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 + \dots + K_n \int \dots \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 \dots d\tau_n, \quad (6)$$

где коэффициенты усиления в обратной связи в данной работе выбирались следующим образом: $K_1 = \alpha_1 K_0$, $K_2 = \alpha_2 K_0$, ..., $K_n = \alpha_n K_0$, (здесь коэффициенты α_i выбирались экспериментально для повышения качества оценок внешних возмущений

$$\hat{F} = \sum_{i=1}^n \hat{F}_i = K_1 \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 + K_2 \iint (y - C\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 + \dots + K_n \int \dots \int (y - C\hat{x}) d\tau_1 \dots d\tau_n).$$

Качество оценок внешних возмущений также зависит и от количества слагаемых в последнем выражении.

На рис. 1 представлена структурная схема системы управления движением судна при действии неизвестных ветроволновых возмущений, включающая в себя схему фильтрации координат судна и схему восстановления внешних возмущений.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

В качестве объекта управления рассматривалась модель гидрографического судна «Сибиряков», описываемая системой (1) – (3). В качестве внешних возмущений использовались

ветроволновые возмущения, представляющие собой сумму медленноменяющихся и волновых возмущений (4) и (5). Для оценки фазовых координат и внешних возмущений рассматривался алгоритм фильтрации (6).

Невязка $v = y - C\hat{x}$ позволяет, с одной стороны, сгладить входной сигнал $y = Cx + \xi$, а с другой – получать оценки неизвестных внешних возмущений $\hat{F} = (\hat{P}, \hat{M})^T$. Подавая эти оценки на модель рассматриваемого фильтра, получаем модель, адекватную реальному объекту управления. При этом система управления становится эквивалентной системе с нулевыми внешними возмущениями, а это, в свою очередь, позволяет использовать известные законы управления.

На рис. 2 и 3 представлены оценка $\hat{\phi}$, заданное значение ϕ_{zad} курса судна и руля u в отсутствие действия внешних возмущений $P = M = 0$ с использованием обычного фильтра Калмана ($K_i = 0$, $i = \overline{1,n}$) и фильтра (6) соответственно.

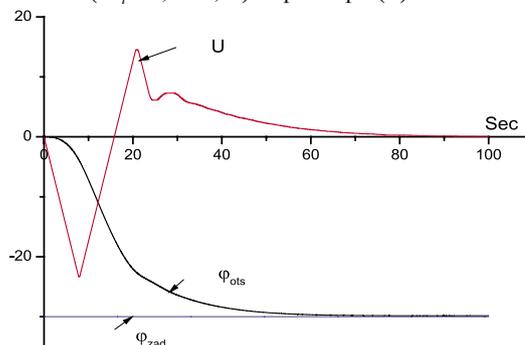


Рис. 2. Оценка курса $\hat{\phi}$, заданное значение курса ϕ_{zad} и руля u

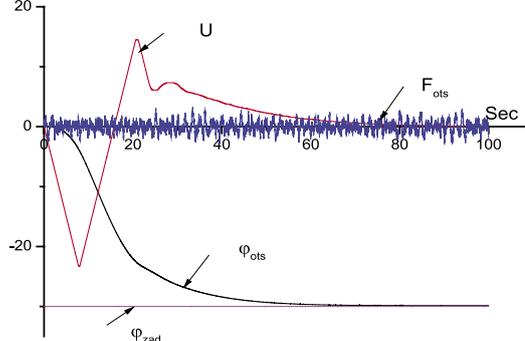


Рис. 3. Оценка курса $\hat{\phi}$, заданное значение курса ϕ_{zad} , руля u и оценка возмущения P

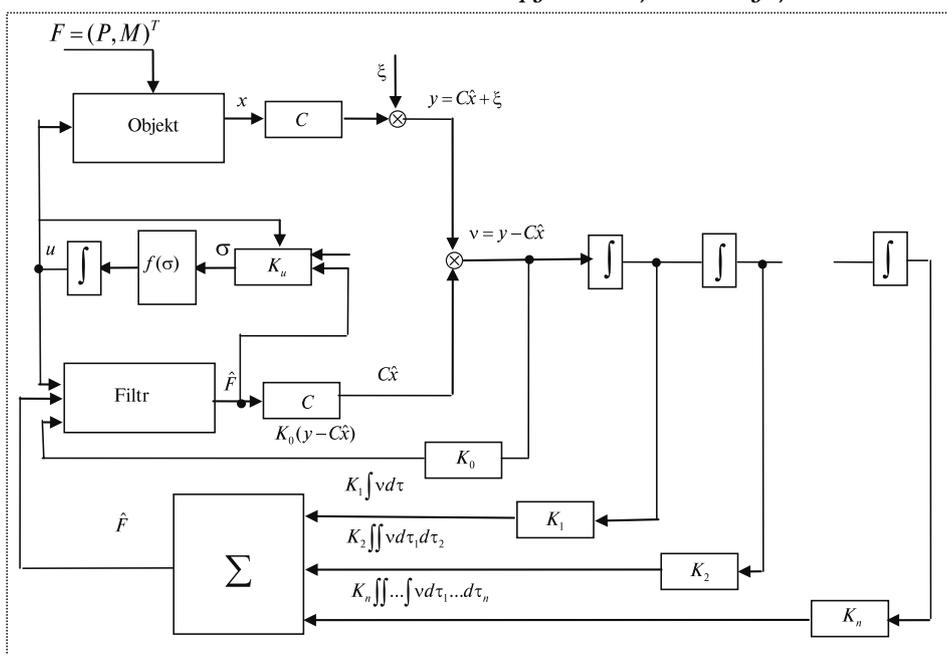


Рис. 1. Структурная схема системы управления судном

Из рисунков видно, что введение интегральных невязок в данном случае не влияет на качество получаемых оценок, а также на устойчивость алгоритма фильтрации.

На рис. 4 показаны параметры движения судна $\hat{\varphi}$, φ_{zad} и руля u в случае действия возмущений (4) и (5), а также оценки этих возмущений \hat{P} и их ошибки $\Delta P = F - \hat{F}$ при использовании обычного алгоритма фильтрации Калмана.

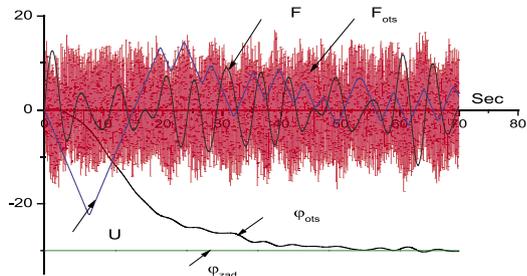


Рис. 4. Оценка курса $\hat{\varphi}$, заданное значение курса φ_{zad} , руля u и оценка возмущения \hat{P} и невязка $\Delta = P - \hat{P}$

На рис. 5 и 6 изображены аналогичные параметры движения судна $\hat{\varphi}$, φ_{zad} и руля u при действии возмущений (4) и (5), а также оценки этих возмущений \hat{P} и их ошибки $\Delta P = P - \hat{P}$ в случае использования алгоритма фильтрации (6) с одним и тремя интеграторами соответственно.

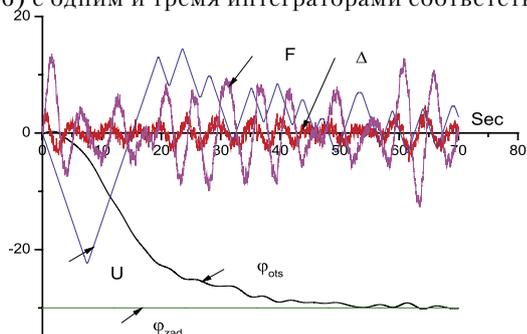


Рис. 5. Оценка курса $\hat{\varphi}$, заданное значение курса φ_{zad} , руля u и оценка возмущения \hat{P} и невязка $\Delta = P - \hat{P}$ с одним интегратором в алгоритме (6)

Из рисунков видно, что ошибка оценки внешних возмущений $\Delta P = P - \hat{P}$ уменьшается с введением дополнительных интегральных невязок. Аналогичные результаты получены и для внешних моментов M и их оценок \hat{M} .

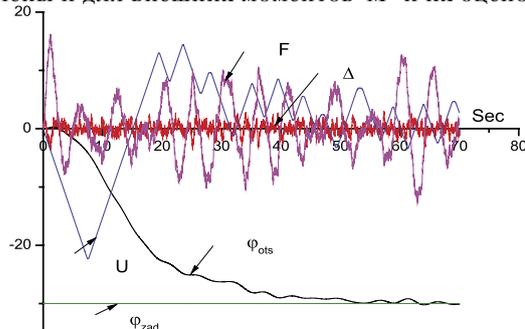


Рис. 6. Оценка курса $\hat{\varphi}$, заданное значение курса φ_{zad} , руля u и оценка возмущения \hat{P} и невязка $\Delta = P - \hat{P}$ с тремя интеграторами в алгоритме (6)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показана возможность оценки внешних возмущений при использовании интегральных невязок. В зависимости от вида входного сигнала выбирается соответствующее количество этих невязок.

2. Использование оценок внешних возмущений позволяет восстанавливать модель ветроволнового возмущения.

3. Качество стабилизации при использовании типовые законы управления движением при наличии волнения существенно возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Квакуернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М.: Мир, 1977.
2. Острецов Г.Э., Тарасов Н.Н. Способ управления движением судна с компенсацией внешних низкочастотных возмущений. – Патент RU.№ 249 21 05, приоритет 26.04.2013.
3. Евланов Л.Г. Контроль динамических систем. – М.: Наука, 1979.
4. Тарасов Н.Н., Тахтамышев М.Г. Алгоритмы получения несмещенных оценок при действии неизвестных внешних возмущений // Проблемы управления. – 2012. – №6. – С. 69–74. ■

- Информационно-поисковая система -

Корабел.ру

Судостроение. Судходство. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

Известно, что эффективность производства технически сложной продукции, к которой относится морская техника (МТ), во многом определяется его системностью, т. е. раскрытием причинно-следственных связей между предметом производства и производственной средой его создания, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, утилизации. Автором вводится понятие *организационно-управленческая дисциплина* (ОУД), определяющая всё или часть функционирования процессов создания, производства, обслуживания МТ или её компонентов, состоящие из элементарных задач, выполняемых судостроительным/судоремонтным комплексом, которые используют входы, выделяют время и ресурсы для создания выходных результатов.

Примечание: заимствовано и отредактировано понятие «деятельность предприятия» (enterprise activity) ИСО 15704:2000.).

Указанные ОУД классифицированы по видам представлений.

Под «представлением» понимается вид модели предприятия (enterprise model view) или объекта процессов управления – селективное восприятие или отображение их модели, которая особо выделяет некоторые конкретные аспекты и игнорирует другие.

Примечание: заимствовано из ENV 40003:1990)

Эти понятия можно интерпретировать следующим образом: исследуя процессы управления, присущие социально-экономическим системам в про-

СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИОННО - УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ ПО ВИДАМ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

А. Е. Богданов, канд. техн. наук, докторант,
главный специалист ОАО «Системы управления»,
контакт. тел. 8 (921) 953 3168

изводственной среде над изделием МТ или ее компонентами, ОУД, кроме собственных только им законам, закономерностей и методов, должны широко использовать методы других инженерных наук по организации процессов проектирования, производства, технического обслуживания, ремонта этого изделия для достижения конкурентных преимуществ. При этом названия дидактических блоков – это не названия дисциплин, а лишь обобщенные ими дидактические элементы, которые по принципу содержательной обусловленности могут быть отнесены к целому ряду дисциплин, имеющих собственные названия, но представляются в рамках данного блока управления по созданию и техническому обслуживанию исследуемого процесса управления объекта, т. е. МТ (см. табл.).

В таблице приведены определения из опубликованных нормативных доку-

ментов и частично найденная автором английская транскрипция аналогичных терминов, применяемых в международной практике.

Такие дидактические блоки в указанной последовательности их изучения и применения при проектировании процессов управления обеспечивают логичную взаимообусловленность и позволяют качественно обеспечить требуемый уровень полноты при постановке основных задач управления, разрешить определенные проблемы при исследовании процессов проектирования и использовании автоматизированных систем управления при создании и техническом обслуживании МТ на ее жизненном цикле (ЖЦ), повышения уровня компетентности руководящего персонала для предприятий (организаций) и других структур судостроительной отрасли.

Таблица
Структура организационно–управленческих дисциплин применительно к МТ по видам представлений

Дидактические блоки управления	Наименование организационно-управленческих дисциплин по видам представления процессов обеспечения создания и ТОиР МТ на ее ЖЦ				Базовые организационно –управленческие дисциплины на этапах ЖЦ объекта
	Функциональное	Ресурсное	Информационное	Организационное	
Представление	Функциональное представление (вид) (function view)	Ресурсное представление (вид) (resource view)	Информационное представление (вид) (information view)	Организационное представление (вид) (organization view)	Представление (вид) модели предприятия (enterprise model view)
Исследование процессов полного ЖЦ изделия	Целеполагание (видение) технической политики общества	Техническая политика общества	Техническая политика развития информационного обеспечения	Техническая политика в области создания автоматизированных систем управления (АСУ)	Жизненный цикл объекта управления (life cycle)
Моделирование предприятия	Определение концепции (concept definition)	Описание внедрения (применения) (implementation description).	определение требований (requirements definition)	Определение взаимодействия компонентов организационной структуры предприятия (общества)	Моделирование предприятия (enterprise modelling)
Проектирование изделия	Модель (model) изделия	Информационная поддержка ЖЦ изделий МТ (ИПИ ВВСТ)	Интегрированная информационная среда ЖЦ изделия (ИИС ЖЦ МТ)	Организационное обеспечение проектирование модели МТ	Проектирование объекта
Проектирование предприятия	Процесс разработки модели предприятия (model development process)	Реинжиниринг функциональных процессов	Информационное взаимодействие участников ЖЦ изделия МТ	Организационное представление (вид) (organization view)	Процесс разработки модели (model development process)

Дидактические блоки управления	Наименование организационно-управленческих дисциплин по видам представления процессов обеспечения создания и ТОиР МТ на ее ЖЦ				Базовые организационно-управленческие дисциплины на этапах ЖЦ объекта
	Функциональное	Ресурсное	Информационное	Организационное	
Управление производством	Деятельность предприятия (enterprise activity)	Ресурсное представление (вид) (resource view)	Информационное взаимодействие участников ЖЦ изделия МТ	Деятельность предприятия (enterprise activity)	Промышленная инженерия, также производственная инженерия, (Industrial engineering)
Компетентность персонала	Идентификации и анализ потребностей в обучении.	Обучение и учебные средства (training and training aids).	Поддержка программного обеспечения	Информационная поддержка ЖЦ изделий МТ (ИПИ ВВСТ)	Людские ресурсы и человеческий фактор (manpower and factors)
Эксплуатация	Планирование технического обслуживания (maintenance planning)	Послепродажная поддержка (in-service support)	Система управления ИЛП (ILS Management System - ILSMS)	Поддержка основного Подрядчика (prime contractor support)	Эксплуатация ТС МТ
Техническое обслуживание и ремонт	Эксплуатационная и ремонтная технологичность (maintainability)	Поддержка снабжения (supply support), упаковка, обращение, хранение и транспортировка (PHS T).	Описание внедрения TOP (применения) (implementaion description)	анализ логистической поддержки (Logistic Support Analysis)	Техническое обслуживание и ремонт
Утилизация	Старение (obsolescence)	-	-	-	Определение вывода объекта МТиз эксплуатации (decom-mission definition)

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53392. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
- ГОСТ Р 53393. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения.
- ГОСТ Р 53394. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения
- ГОСТ Р ИСО 15704. Требования к стандартным архитектурам и методологии предприятия
- ГОСТ Р ИСО 19439. Интеграция предприятия. Основа моделирования предприятия ■

Рецензент:

В. И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

В канонической форме математическая модель движения судна на установившейся циркуляции с постоянным углом перекадки средств управления δ_c в условиях тихой воды представляет собой систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} & -C_{xT} - m\omega_c \sin\beta_c + \\ & + \sum_{i=1}^z k^2 v_c \Psi R_i [\sigma E_i (1-t_i) + \sigma x_i] = 0; \\ & C_{yT} - m\omega_c \cos\beta_c - \\ & - \sum_{i=1}^z k^2 v_c \Psi R_i (k_{Ri} \sigma_{yi} + \sigma_y E_i) = 0; \\ & C_{mT} - \sum_{i=1}^z k^2 v_c \Psi R_i (k_{Ri} \sigma_{yi} + \sigma_y E_i) = 0; \\ & k_{\delta_{oi}} = kQ_i; \delta_c = \text{const.} \end{aligned} \right\} (1)$$

Введенный здесь индекс «с» отличает установившиеся значения параметров движения судна $\delta_c = \text{const}$, $\beta_c = \text{const}$, $v_c = \text{const}$, $\omega_c = \text{const}$.

Четвертое уравнение в системе (1) в расчетах не используют, пренебрегая изменением частоты вращения движителей и принимая её равной n_0 , т.е. частоте вращения на исходном прямом курсе.

Однако проведенные автором серии натурных исследований на судах различного водоизмещения позволяют

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СУДНА НА УСТАНОВИВШЕЙСЯ ЦИРКУЛЯЦИИ

А. Г. Пилюгин, канд. тех. наук, доцент МГУ им. адм. Г. И. Невельского, контакт. тел. +7 (4232) 45 2132

утверждать, что движение судна на установившейся циркуляции характеризуется падением линейной скорости v_0 практически до нуля к концу первого полупериода циркуляции, т.е. при изменении курса на 180 град.

При данном утверждении система (1) принимает вид

$$\left. \begin{aligned} & -C_{xT} - m\omega_c \sin\beta_c = 0; \\ & C_{yT} - m\omega_c \cos\beta_c = 0; \\ & C_{mT} = 0; \\ & k_{\delta_{oi}} = kQ_i; \delta_c = \text{const.} \end{aligned} \right\} (2)$$

ЛИТЕРАТУРА

- Гофман А.Д.* Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судов – Л.; Судостроение, 1988. – 360 с.

- Иванов Н.В.* Важные особенности поворотливости больших танкеров /ЦБНТИ ММФ СССР // Экспр.-информ. Безопасность мореплавания. – 1978. – Вып. 4 (104). – С. 2–11.
- Клейтон Б. Бишоп Р.* Механика морских судов. – Л.; Судостроение, 1986. – 436 с.
- Клементьев А., Савельев А.Д.* II Тр. Волж. гос. акад. вод. трансп. – 1999. – № 291. 4.2. – С. 77–81.
- Перишц Р.Я.* Управляемость и управление судном. – Л.: Судостроение, 1983. – 272 с.
- Справочник по теории корабля. – В 3 т. – Т. 1/Под ред. Я.И. Войткунского. –Л.: Судостроение, 1985. – 768 с.
- Справочник по теории корабля. – В 3 т. – Т. 3. /Под ред. Я.И. Войткунского. –Л.: Судостроение, 1985. – 544 с.
- Удалов В.И.* Управление крупнотоннажными судами. – М.: Транспорт, 1986. – 228 с. ■

Одной из перспективных парадигм повышения качества современных сложных эрготехнических (человеко-машинных) комплексов и систем (ЭТС) объектов морской техники и морской инфраструктуры (ОМТИ) следует рассматривать так называемую концепцию ранговой сертификации ЭТС и аттестации соответствующих объектов информатизации (Концепцию РСА) [1]. В ее основу положен принцип не только проверки соответствия продукции (продуктов и услуг, включая ЭТС ОМТИ)

требованиям стандартов, технических регламентов и условиям договоров (ТР), но и измерения уровня достигаемого при этом качества Q с последующим определением конкурентной способности ЭТС, причем как по отношению непосредственно к качеству продукции конкурента Q_K , так и по отношению к достигнутому уровню качества национальными Q_N и мировыми лидерами ЭТС Q_M по соответствующим критериям конкурентоспособности:

$$K_K = Q/Q_K = K_{ТР} \times (Q_{ТР}/Q_K); \quad (1)$$

$$K_N = Q/Q_N = K_{ТР} \times (Q_{ТР}/Q_N); \quad (2)$$

$$K_M = Q/Q_M = K_{ТР} \times (Q_{ТР}/Q_M), \quad (3)$$

где $Q_{ТР}$ – сводный (системный, интегральный, обобщенный, генеральный, единый) показатель качества (СПК), определяемый через соответствующие модельные (МПК, учитывают множество различных модельных описаний ЭТС), групповые (ГПК, характеризуют отдельные свойства ЭТС) и частные показатели качества (ЧПК, являющиеся «первичными» параметрами, по которым, как правило, непосредственно определяются соответствующие требования ТР (типа рабочее время ЭТС, число используемых автоматизированных рабочих мест (АРМ), число мониторов, энергопотребление, стоимость оборудования ЭТС и т.п.); $K_{ТР}$ – значение конкурентной способности, достигаемое при реализации требований ТР и обеспечивающих соответствующее значение качества $Q_{ТР}$.

Преимущественным отличием Концепции РСА [1] от используемой сегодня концепции (практики) является прежде всего обеспечение информационной прозрачности для потребителя и заказчика соотношения «цена–качество» продукции (продуктов и услуг) как главной меры оценки ее соответствия своему предназначению и, с другой стороны, создание практически объективных условий для открытой технологической и рыночной конкуренции изготовителей (вендеров) и поставщиков.

Используемые сегодня индикаторы соответствия качества продукции своему предназначению в форме сертификатов и лицензий в лучшем случае отражают наличие лишь некоторого минимального уровня требований. Так, наличие одинаковых сертификатов у разных ЭТС не позволяет потребителю и заказчику их сравнивать между собой. Более того, это совершенно необоснованно увеличивает ряд продукции, отвечающий одинаковым требованиям. При этом, естественно, сдерживается технологическое совершенствование ЭТС, так как цена продукции в современных условиях далеко не всегда соответствует ее качеству, а является результатом определенных договорных соглашений, монопольных условий и, часто, просто маркетинговых успехов Поставщика продукции.

Реализация Концепции РСА устраняет принципиально эти негативные факторы, обеспечивая защищенность потребителя и заказчика на системном уровне за счет механизмов информационной прозрачности и конкурентного саморегулирования в условиях рыночных отношений поставщик (заказчик) – потребитель (заказчик).

Однако в этих условиях особое значение приобретает адекватная оценка и модельное представление качества ЭТС ОМТИ Q , достигаемых при этом погрешностей оценивания

КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ И МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А. В. Смольников, канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой,

А. В. Алексеев, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,

контакт. тел. (812) 455 2363

σ_Q коэффициента их вариации $v_Q = \sigma_Q/Q$, а также в целом верификации оценивания качества ЭТС и валидности получаемых оценок.

Для этого, в первую очередь, предусматривается успешное решение традиционно непростого комплекса методологических вопросов, совершенствования моделей, алгоритмов и технологий оценивания качества (оценки свойств и их характеристик (показателей), отражающих соответствие ЭТС своему предназначению) и эффективности (как степени реализации качества) ЭТС ОМТИ [2–4]. Именно это позволит в дальнейшем уверенно перейти к комплексу последующих вопросов, включая сертификацию ЭТС и аттестацию ОМТИ.

Анализ тенденций и проблем развития методов и систем оценки качества современных ЭТС показывает, что, несмотря на накопленный значительный опыт и технологии измерения качества (моделирования, квалитметрической оценки) различных по сложности технических комплексов и их систем [2–4], *главной проблемой их развития* в этом аспекте является *системная недооценка важности, недостаточно отработанные методы и средства информационно-аналитической поддержки и мало результативная практика внедрения и использования* подсистем измерения, контроля и мониторинга качества ЭТС.

Современные ЭТС представляют собой сложный комплекс технических систем различного назначения, а также систем операторов, лиц, обособывающих (ЛОР), принимающих решения (ЛПР) и их исполняющих (ЛИР). Причем ключевым их признаком является реализация проектных и управленческих решений (ПУР) на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦИ) ЭТС (концептуальное, эскизное и техническое проектирование, создание, освоение и эксплуатация, а также утилизация) *за счет обоснования и решения* единых (общих) задач и достижения единых для ЭТС целей [5–7].

При этом, именно мониторинг Q должен быть главным системным индикатором соответствия ЭТС своему предназначению, источником информации для управления их целенаправленным функционированием на всех этапах жизненного цикла ЭТС. Никакие эпизодические и системно разрозненные действия в отличие от визуализации показателей Q не могут обеспечить *устойчивое управление качеством функционирования ЭТС*, а тем более требуемый уровень их конкурентоспособности K .

Причин этому важному обстоятельству далеко не мало, а к их *основным факторам* могут быть отнесены следующие:

1. Методологические проблемы адекватного представления сложных процессов функционирования ЭТС, которые с ростом их сложности только усугубляются. При этом одной из методических причин следует выделить то обстоятельство, что очень многие исследователи, преследуя весьма «гуманные» цели обеспечения высокой точности моделирования (как правило, говоря об этом на качественном уровне вербального описания анализируемых процессов) без количественной оценки метрологических показателей σ_Q , v_Q комплексных показателей верификации и валидности способствовали тем самым появлению широчайшего спектра различных моделей оценивания Q без должного количественного (квалитметри-

ческого) их сравнения. Это не способствовало практическому освоению и внедрению создаваемых моделей, систем и технологий оценки Q в создаваемые образцы ЭТС, совершенствованию способов управления эффективностью их эксплуатации.

Со временем, как следствие, это привело к другой негативной тенденции, а именно к «легализации» использования вместо системных критериев (мер оценки) и показателей (численного выражения критериев) качества типа СПК отдельных значений ГПК и даже ЧПК. Это, естественно, не способствовало адекватности целостной (системной) оценки соответствия ЭТС своему предназначению даже затормозило развитие самих ЭТС, в том числе ввиду фактической невозможности количественной оценки конкурентоспособности. Отсюда последовали как ограниченные возможности маркетинговых исследований (использование в их ходе весьма упрощенных, а, следовательно, далеко не адекватных сравнительных оценок), так и появлению на рынке необоснованно расширяемой номенклатуры изделий с одинаковыми функциями и качеством. Более того, это сдерживало реализацию привлекательной для потребителя и заказчика возможности серийного выпуска продукции, естественного при этом снижения стоимости ее производства.

2. Сложившаяся практика ограниченного внедрения системных моделей и технологий оценки, мониторинга качества ЭТС Q привела к недооценке и ограниченному внедрению технологий *проектной оптимизации* архитектуры (структуры), функционала и параметров ЭТС, а также их *эксплуатационной оптимизации*. Это, как следствие, приводит к *завышению ресурсных затрат* (на персонал, финансовых, материально-технических, эргономических и т.п.), *соответствующему снижению технико-экономических показателей ЭТС* и, главное, к *сдерживанию их развития в условиях конкурентного соперничества*.

3. Сформировавшийся вследствие вышеназванных (п.1 и 2) причин **деформированный приоритет** интересов поставщика (изготовителя) по отношению к интересам потребителя (заказчика), в том числе из-за несовершенства и даже *практического отсутствия на рынке продуктов и услуг эффективных механизмов конкурентного соперничества* (главный атрибут рыночных отношений). Это, в свою очередь, привело за достаточно короткий срок к резкому *технологическому отставанию* от мирового уровня национальных производителей и, даже, проявлению в отдельных направлениях (например, электроника, транспорт) к отставанию в развитии на три–пять поколений, т.е. возможности появления такого «национального феномена», как *«технологическое рабство»*.

4. Недооценка важности количественного анализа системных факторов и риска системных ошибок при отраслевом управлении наукой и техникой и в целом при научно-методическом управлении развитием ЭТС, т.е. *недостаточная глубина* анализа их развития, в первую очередь, по времени. Именно сегодня при резком возрастании сложности ЭТС и, соответственно, рисков при их эксплуатации *квалиметрическое обеспечение* развития ЭТС как система методов и технологий их реализации по количественному измерению (оцениванию) качества ЭТС и использованию полученных оценок при обосновании их развития (проектированию, созданию, эксплуатации, модернизации) на протяжении всего жизненного цикла ЭТС, является, по нашему мнению, *гарантом их поступательного, результативного и даже саморегулируемого развития*.

5. Отсутствие практики сопоставительного факторного анализа программ и планов технологического развития ЭТС с результатами реализации этих программ и планов, включая *количественный анализ ошибочных решений*, принятых на этапе их обоснования, апробации и утверждения, *анализ наращивания конкурентной способности продуктов и услуг*.

Именно конкурентоспособность АС ОМТИ как возмож-

ность превзойти конкурентов в конкретных условиях *технологического и рыночного соперничества* сегодня с учетом национальных интересов по обеспечению технологической независимости от мировых лидеров следует рассматривать в качестве *важнейшего критерия системного развития, главного системообразующего и саморегулирующего механизма*, соответствующего *«рычага» управления качеством АС ОМТИ*. Более того, это и один из сильнейших *маркетинговых аргументов*.

В контексте методологии реализация этого механизма и решения *проблемы обеспечения конкурентоспособного качества АС ОМТИ* рассмотрим *практические варианты* применения названных принципов, создания и эффективного использования равнопрочной (совершенной, оптимальной) системы *квалиметрического обеспечения* повышения конкурентоспособности ОМТИ.

Сразу отметим, что в регламентах системы менеджмента качеством (СМК) предприятия (организации) именно *система критериев, технология оценивания* и *основные исходные данные* количественной оценки качества АС (разрабатываемых, создаваемых, эксплуатируемых), а также их сертификации и аттестации ОМТИ должны быть предметно изложены и количественно описаны. В том числе в непосредственной взаимосвязи с требованиями национальных и международных стандартов.

Методология оценки качества АС ОМТИ. Несмотря на интенсивное развитие ТР и требований к АС на международном уровне, как ни странно, мировой опыт в сфере управления качеством продукции и услуг не предлагает единого методологического метода к оценке качества Q , затрагивающего системно все аспекты повышения конкурентоспособности продуктов и услуг.

1. В связи с этим возникает потребность в *комплексном (системном) подходе к методологии решению этой задачи*, так как формирование только требований ТР и их реализация в этом случае может неизбежно приводить к избыточности (наличию возможностей, превышающих необходимые) различного уровня, включая ресурсную и, в целом, снижению уровня конкурентной способности (принцип системности методологического развития).

Выбор методов повышения конкурентоспособности АС ОМТИ определяется целым рядом факторов, от выбранных стратегических целей их развития, используемой СМК, требований потребителя и заказчика к продукции и обслуживанию, уникальности каждого заказа, наличия и степени решения производственных проблем до уровня и используемых маркетинговых и квалиметрических технологий.

2. В этом контексте вторым методологическим положением следует рассматривать принцип методической полноты и совершенства оценки качества АС ОМТИ, включая *научно-практическую обоснованность* используемых методов и методик, их *метрологическую аттестацию* и *непрерывное совершенствование, развитие*. В этой связи следует заметить, что во многих странах даже предпроектная оценка качества продукции по соответствующим методикам является одним из общепризнанных принципов обеспечения качества. Вопросы квалиметрии и ее методики регулярно обсуждаются, в том числе на международных конференциях Европейской организации по контролю качества.

3. В качестве следующего важного методологического положения следует рассматривать принцип контроля качества оценок и соответствующих выводов и рекомендаций, что по существу является средством обеспечения достоверности оценок качества АС ОМТИ, их верификации и оценки валидности.

Методика оценки качества АС ОМТИ. В свете представленных методологических принципов и их реализации в качестве соответствующего комплекса взаимосвязанных

процедур по оценке качества современных сложных ЭТС, к числу которых в полной мере относятся АС ОМТИ, предлагается следующая методика.

1. *Формирование базы данных и знаний (БДЗ)* по альтернативным вариантам (объектам оценки и анализа) построения, создания и эксплуатации ЭТС за счет внесения в БДЗ документальных описаний объектов оценки с соответствующей фиксацией данных юридических и физических лиц – производителей ЭТС (вендеров), состава экспертов и их компетенции и главное проектных и эксплуатационно-технических данных по ЭТС.

Именно сравнительный аспект оценки качества АС ОМТИ на основе значимых (аттестованных) данных БДЗ является обеспечивающим при минимизации методических погрешностей оценивания их качества.

2. *Формирование системы критериев оценки качества ЭТС*, включая строгое формулирование и вербальное (словесное) описание системы мер, характеризующих соответствие ЭТС своему предназначению (критериев) и их показателей (численного выражения критериев), которая должна, прежде всего, включать:

2.1. Множество частных показателей качества $q_{k,l,n}$, где $l \in [1; L]$ – номер ЧПК из интервала 1... L , определяющих (характеризующих) групповые свойства ЭТС и непосредственно ГПК $Q_{m,k}$ для каждого альтернативного варианта анализа ЭТС с порядковым номером $n \in [1; N]$ при общем их числе N .

2.2. Множество групповых показателей качества $Q_{m,k,n}$, где $k \in [1; K]$ – номер ГПК из интервала 1..., K характеризующих через отдельные групповые свойства ЭТС их качество в целом в составе МПК.

2.3. Множество модельных показателей качества $Q_{m,n}$, где $m \in [1; M]$ – номер МПК при полимодельном (по всем M моделям) оценивании качества ЭТС с порядковым номером n .

2.4. Сводный показатель качества Q_n для альтернативного варианта анализа ЭТС с номером n , получаемого на основе агрегирования (скаляризации) векторного критерия качества ЭТС.

3. Формирование множества попарных критериальных предпочтений оценки качества ЭТС, отдельно, для ЧПК, ГПК и МПК. Так, для ЧПК в виде отношений типа $q_{k,l,n} > q_{k+1,l,n}$ – для ЧПК (знак отношения может быть любой из выбора $>, <, =$) для всех l . Для ГПК при их свертке в МПК в виде отношений типа $Q_{m,k,n} > Q_{m+1,k,n}$ для всех k . Для МПК при их свертке в СПК – в виде отношений типа $Q_{m,n} > Q_{m+1,n}$ для всех m .

4. Оценка с использованием известного метода анализа иерархий (МАИ) Т.Саати [7], метода анализа, синтеза при информационном дефиците (АСПИД) Н.В. Хованова [8] или аналогичных [2–5] и формирование множества (матрицы) значений весовых индексов (коэффициентов) важности соответствующих критериев при их агрегировании соответственно:

$\alpha_{k,l}$ – при агрегировании ЧПК $q_{k,l,n}$ в ГПК $Q_{m,k,n}$ для ЭТС с порядковым номером в БДЗ n при соответствующем нормирующем условии $\sum_{l=1}^L \alpha_{k,l} = 1$;

$\beta_{m,k}$ – при агрегировании $Q_{m,k,n}$ в МПК $Q_{m,n}$ для ЭТС с порядковым номером в БДЗ n при нормирующем условии $\sum_{k=1}^K \beta_{m,k} = 1$;

γ_m – при агрегировании МПК $Q_{m,n}$ в СПК Q_n для ЭТС с порядковым номером в БДЗ n при нормирующем условии $\sum_{m=1}^M \gamma_m = 1$.

5. Обоснование и выбор алгоритма (модели) агрегирования (скаляризации) соответствующих векторных критериев качества ЭТС в ГПК, МПК, СПК. Из известных и сравнительно широко применяемых сегодня алгоритмов [4–7] на практике, прежде всего, рассматриваются:

5.1. Аддитивный алгоритм вида (применительно, например, к агрегированию ЧПК в ГПК и МПК в СПК)

$$Q_{m,k,n}^A = \sum_{l=1}^L \alpha_{k,l} \times q_{k,l,n}; \quad (4)$$

$$Q_n^A = \sum_{m=1}^M \gamma_m \times Q_{m,n} \quad (5)$$

который отражает «оптимистический» вариант оценивания, характерный преимущественно для параллельных процессов функционирования (как правило, не связанных между собой, независимых событий).

5.2. Мультипликативный алгоритм вида (применительно, например, к агрегированию ГПК в МПК)

$$Q_{m,n}^M = \prod_{k=1}^K Q_{m,k,n}^{\beta_{m,k}}, \quad (6)$$

который отражает «пессимистический» вариант оценивания, характерный преимущественно для последовательных процессов функционирования (как правило, взаимно связанных между собой событий).

5.3. Комбинированный алгоритм вида (применительно, например, к агрегированию ГПК в МПК)

$$Q_{m,n}^K = (Q_{m,n}^A \times Q_{m,n}^M)^{0.5}, \quad (7)$$

который отражает средний вариант оценок между «оптимистическим» и «пессимистическим», характерный преимущественно для компромиссного выбора алгоритма между аддитивным и мультипликативным.

Наличие высокого уровня неопределенности при решении задач оценки качества ЭТС Q_n тем большей, чем выше сложность ЭТС, совершенно не означает, что эта задача не может быть решена и необходимо отказываться от ее решения. Главным критерием в этом случае должен быть достигаемый уровень погрешностей оценивания, что подробно рассмотрено ниже в п. 9.

Более того, как известно, отсутствие подобных оценок приводит к увеличению риска пользователя и заказчика. Стремление «уклониться» от оценки и анализа системных свойств, параметров и характеристик ЭТС приводит, как правило, к появлению комплекса «новых» организационно-технических проблем при их эксплуатации, а также комплекса угроз принятия ошибочных решений, «цена» которых именно для сложных ЭТС приобретает подчас техногенный масштаб. В то же время даже «грубые» оценки Q_n позволяют их избежать.

6. Для удобства интерпретации получаемых оценок качества ЭТС перед производством расчетов должно быть выполнено нормирование (шкалирование) значений ЧПК в соответствии с выражением [6, 7]

$$q_n = G \times \left\{ \frac{[q_n - \min(q_n)]^h \times [\max(q_n) - q_n]^{1-h}}{\max(q_n) - \min(q_n)} \right\}^p, \quad (8)$$

где P – степень нелинейности шкалы оценок. При $P = 1$ имеет место линейный характер связи; $h = 1$ – параметр, используемый при позитивном характере связи ЧПК с ГПК (например, дальность действия); $h = 0$ – параметр, используемый при негативном характере связи ЧПК с ГПК (например, стоимость ЭТС); G – размах (размер) шкалы оценивания показателей качества. Например, в % при $G = 100$. При выборе значения $G = 1$ диапазон изменения ЧПК, ГПК, МПК и СПК составит $[0; 1]$. Этот вариант выбора размаха шкалы оценивания рекомендуется в качестве наиболее предпочтительного варианта оценок; $\max(q_n)$, $\min(q_n)$ – операторы выбора соответственно максимального и минимального значения ЧПК для всего множества их значений q_n из БДЗ по всем вариантам сравнения ЭТС $n \in [1; N]$.

7. Количественная оценка СПК Q_n для всех альтернативных вариантов ЭТС с соответствующими номером n и их ранжирование с определением номера оптимального варианта, соответствующего критерию выбора

$$n_{Opt} = \text{ArgOpt}(\text{ЛПР}, \max Q_n, \dots), \quad (9)$$

где оператором оптимизации выбора $\text{ArgOpt}(\dots)$ предусмат-

ривается выбор лицом, принимающим решение (ЛПР), в качестве оптимального того ЭТС с номером n_{Opt} , который имеет максимальное значение СПК Q_n . В общем случае условие оптимизации имеет более сложный характер, что, тем не менее, в рамках настоящего анализа из рассмотрения можно опустить.

8. В случае проектного обоснования варианта выбора предпочтительных комбинаций ЧПК ЭТС целесообразно из всего множества альтернатив предпочтение отдавать именно тем комбинациям, которые обеспечивают максимизацию по всему множеству M, K, N так называемого коэффициента корневой чувствительности в виде [7]

$$\max Y_{m,k,n} = \max(\alpha_{k,l} \times q_{k,l,n} / Q_{m,k,n}) \quad (10)$$

Это условие системной оптимизации ЧПК и свойств ЭТС при проведении их вариантного проектирования позволяет синтезировать качественно новые проектные решения, удовлетворяющие критерию (9).

9. Интерпретация полученного множества оценок $Q_{m,n}$, Q_n (обоснование методической и математической корректности полученных оценок), а также оценок Q_{TR} (для заданных ТР требований (исходных данных для п. 6, 7) по обеспечению качества ЭТС), соответствующих оценок конкурентной способности по алгоритмам (1) – (3) K_K, K_H, K_M , включая их визуализацию, как, например, показано на рис. 1. Именно эта процедура является завершающей в процессе оценки качества и исследовательского проектирования ЭТС.

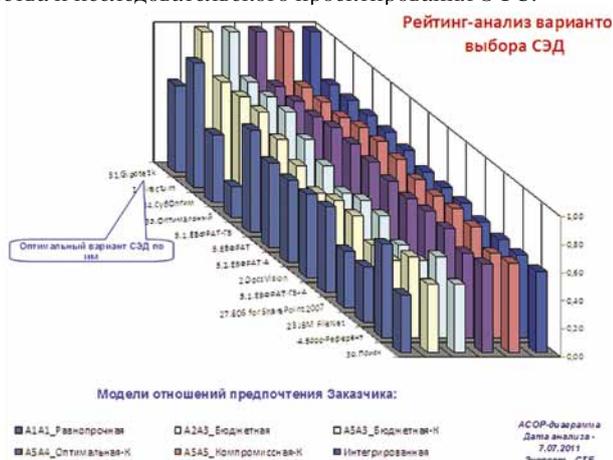


Рис. 1. Визуализация многокритериальных оценок и выбора оптимального решения

При этом принятие решения об оптимальности варианта выбора n_{Opt} как известно, при многокритериальном выборе остается за ЛПР, а степень обоснованности принятого решения и прозрачности (полноты и убедительности) интерпретации полученного множества оценок является гарантом его безошибочности.

Для оценки точности принятого решения наряду с названными оценками Q_n представляется вычисленная по известным алгоритмам на множестве M вариантов моделей оценивания среднеквадратическая погрешность σ_Q с соответствующим значением коэффициента вариации оценок или относительная погрешность оценивания (ПО) $v_Q = \sigma_Q / Q_{n_{Opt}}$.

При значениях ПО меньшей (10–15)%, выполненная оценка качества ЭТС может считаться вполне приемлемой, а при значениях, меньших 5%, точность оценки качества ЭТС является весьма высокой. При других значениях ПО качества и конкурентной способности ЭТС целесообразно рассмотреть вопрос о повышении точности задания исходных данных, в том числе повышения точности экспертного оценивания, а также адекватности используемого метода оценивания.

10. Управление качеством ЭТС, рассматриваемое как процесс целенаправленного изменения качества ЭТС Q_n на основе обоснования и принятия соответствующих проектных (обеспечиваются соответственно ЛОР, ЛИР) и управ-

ленческих (обеспечиваются ЛПР) решений, включая следующие:

10.1. На проектном этапе жизненного цикла изделия (ЖЦИ) – за счет обоснования, в том числе по алгоритмам (9), (10), и выбора предпочтительных и оптимального (лучшего из возможных) для последующей реализации варианта ЭТС n_{Opt} .

10.2. На эксплуатационном этапе ЖЦИ – за счет мониторинга (непрерывного наблюдения состояния $Q_{n_{Opt}}$ и контроля заданного уровня $Q_{n_{min}}$), обоснования ЛОР, принятия ЛПР корректирующих действий и их реализации ЛИР.

10.3. Регистрация и составление аналитической отчетности для обоснования ЛОР направлений и путей развития ЭТС с учетом уровня реализации ЛИР проектных требований, программ и планов освоения и эксплуатации по принятым ЛПР управленческим решениям.

При этом следует подчеркнуть, что в основе каждой из названных основных процедур управления качеством ЭТС лежат процедуры *квалиметрического обеспечения* (см. выше фактор 4), обеспечивающие в составе единой и целостной системы методов и технологий:

- количественное оценивание (измерение) качества ЭТС Q_n с их интерпретацией и анализом;
- выработка проектов управленческих решений по обеспечению заданных требований;
- использование полученных оценок при эксплуатации и обосновании развития ЭТС (проектирование, создание опытных образцов, эксплуатации, модернизации) на протяжении всего жизненного цикла ЭТС.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АС ОМТИ

Рассмотрим следующие варианты реализации изложенных методических положений преимущественно в части вида модели оценки СПК Q_n , так как остальные вопросы являются, как показывает практика, менее критичными для обеспечения качества оценивания.

Пример 1. Модель оценки информационного качества современных сложных ЭТС, включая АС ОМТИ, как их способности добывать, передавать, хранить, обрабатывать и представлять для использования разнородные информационные массивы, как показано в ряде работ [10–11], может быть представлена мультипликативной сверткой ГПК в виде

$$W = O^o \times D^d \times U^u \times S^s \times N^n, \quad (11)$$

где в качестве ГПК (характеризуют информационные свойства ЭТС) соответственно с учетом (8) приняты:

O – оперативность (своевременность) использования полученной от ЭТС информации, определяемая в зависимости от вида конкретной прикладной задачи временем решения функциональной задачи и достижения заданных требований по точности, например, определения местоположения и параметров движения обнаруживаемых целей, курса и скорости их движения, эффективного радиуса действия используемых средств и т.п.; *D* – достоверность использованных в ЭТС данных, определяемая в зависимости от вида конкретной прикладной задачи соотношением потока ценных сообщений и полным потоком сообщений с учетом потока избыточных сообщений, потока ложных сообщений и т.п.; *U* – устойчивость информационного функционирования ЭТС, определяемая в зависимости от вида конкретной прикладной задачи критериями и показателями (численными значениями критериев) надежности работы технических средств, психофизиологической напряженностью и устойчивостью работы ЛОР, ЛПР, ЛИР, а также дестабилизирующими факторами внешней и внутренней среды, включая возможности информационного противоборства и т.п.; *S* – скрытность информационного функционирования ЭТС, определяемая в зависимости от вида конкретной прикладной задачи критериями и показателями наблюдаемости (заметности) их работы, возможности сниже-

ния при этом качества (проектного) и эффективности (фактической реализации проектного качества) функционирования ЭТС; N – непрерывность информационного функционирования ЭТС, определяемая в зависимости от вида конкретной прикладной задачи критериями и показателями соотношения проектных и фактических временных интервалов работоспособности, размерами пространственных и динамических зон действия ЭТС и т.п.; o, d, u, s, n – соответствующие весовые индексы, определяемые по рекомендациям п. 4.

Следует отметить, что наибольшая предпочтительность мультипликативных моделей типа (11) имеет место, как правило, для критических систем, в том числе систем военного назначения, а конкретный вид модельного описания ГПК определяется спецификой решаемого ЭТС комплекса функциональных задач, соответствующими критериями и ЧПК. В свою очередь, вид ГПК, МПК и СПК типа (11), как показывает опыт, можно рассматривать в качестве инвариантной формы с учетом специфики решаемых задач ЭТС, что весьма важное свойство модели СПК ЭТС (11), включая АС ОМТИ.

Пример 2. Одним из важнейших свойств судна (корабля) является его живучесть (ЖС), определяемая как способность противостоять аварийным повреждениям, восстанавливая и поддерживая при этом в возможной степени свою способность использования по назначению. Модель оценки ЖС в соответствии с [11] может быть представлена также мультипликативной сверткой ГПК вида

$$G = H^n \times B^v \times T \times Z^z \times Y^u, \quad (12)$$

где в качестве ГПК (характеризуют основные компоненты и свойства ЖС) соответственно приняты: H – непотопаемость судна, определяемая как способность судна оставаться на плаву и не опрокидываться при повреждении его корпуса и затоплении одного или нескольких отсеков, зависящей от ЧПК типа остойчивость, запас плавучести, высота надводного борта, конструктивные особенности судна и т.п.; B – взрывопожарная безопасность судна, зависящая от качества проведения организационно-технических, предупредительных и учебно-тренировочных мероприятий, искрообразования используемых сетей энергообеспечения, вентилируемые помещения и т.п.; T – живучесть технических средств (и оружия) судна (корабля), зависящая от надежности элементов используемых технических систем, их резервирования, условий эксплуатации, устойчивости к внешним «нештатным» воздействиям и др., а также Z – защищенность (безопасность службы) экипажа, учитывающая качество индивидуальных и групповых средств защиты, жизнеобеспечения и т.п.; Y – управляемость (качество) системы управления безопасностью эксплуатации, локализацией аварий и борьбой за живучесть, зависящая от полноты и степени автоматизации процессов управления, качества алгоритмов автоматического и автоматизированного управления ЖС, квалификации и психофизиологического состояния экипажа судна и других факторов; n, v, t, z, u – соответствующими весовыми индексами, определяемые по рекомендациям п. 4.

Важной особенностью моделей (11) и (12), вытекающей из мультипликативного вида агрегирования ГПК в МПК и СПК, является «пессимистический» характер оценивания качества ЭТС, а это обеспечивает гарантированный (минимальный) уровень оценивания, что для критических систем является вполне уместным.

Пример 3. Аддитивно-мультипликативная модель оценки качества ЭТС (АС ОМТИ), для которых характерна (часто встречающийся вариант) возможность оценки качества ГПК путем аддитивной свертки ЧПК с последующей мультипликативной сверткой ГПК (их специфических свойств) в МПК и последующей полимодельной оценкой СПК на основе аддитивной свертки МПК, может быть представлена в виде [4–7, 10]

$$Q_n = \sum_{m=1}^M (\gamma_m \times Q_{m,n}) = \sum_{m=1}^M \left\{ \gamma_m \times \left[\prod_{k=1}^K \left[\sum_{l=1}^L (\alpha_{k,l} \times q_{k,l,n}) \right] \right]^{p_{m,k}} \right\}. \quad (13)$$

Данная модель оценки качества ЭТС Q_n позволяет по ЧПК с их общим числом L определить ГПК с их общим числом K (характеризуют основные свойства ЭТС) на основе аддитивной свертки ЧПК. Далее на основе мультипликативной свертки ГПК определить МПК $Q_{m,n}$ с их общим числом M и, наконец, на основе аддитивной свертки МПК определить СПК Q_n (единственное значение для каждого n из N альтернативных вариантов ЭТС). Последняя процедура позволяет реализовать так называемый принцип полимодельного оценивания, позволяющий снизить методическую погрешность оценивания за счет, своего рода, усреднения вариантов модельной «идеализации» реальных условий функционирования ЭТС.

Пример 4. Одним из широко распространенных и достаточно доступных по методике, но сложных ввиду значительных погрешностей экспертного оценивания при реализации методов анализа свойств и характеристик ЭТС является так называемый метод SWOT-анализа. Для нейтрализации данного его свойства и в качестве модификации этого метода можно с успехом, как показывает практика, использовать комбинированную модель оценки качества ЭТС с квалиметрической оценкой известных критериев SWOT-анализа [12–13] по алгоритму

$$Q_n = \{S^s \times W^w \times O^o \times T^t \times (sS + wW + oO + tT)\}^{0,5}, \quad (13)$$

где S, W, O, T – нормированные по алгоритму (8) значения экспертных оценок сильных (Strengths), слабых (Weaknesses) свойств объекта анализа, а также возможностей (Opportunities) и угроз (Threats) развития анализируемого варианта ЭТС (его проектного, технического, технологического решений); s, w, o, t – соответствующие весовые индексы, рассчитываемые в соответствии с рекомендациями п. 4.

На рис. 2 приведен пример модификации известного метода, названного методом квалиметрического (QSWOT) анализа, синтеза и оптимизации проектных и управленческих решений, применительно к решению задачи анализа качества и конкурентной способности технологических решений по борьбе за живучесть корабля, судна. Он базируется на сравнительной (в рамках единой базы сравниваемых вариантов) экспертной качественной и количественной оценке ключевых свойств объектов анализа с последующей их комбинированной (аддитивно-мультипликативной) сверткой по алгоритму (13) в сводный показатель качества. Последующее ранжирование полученных оценок СПК позволяет определить верхний и нижний уровни технологического развития в данном классе объектов анализа и на основе метода корневой чувствительности перейти к решению задач их синтеза.

Так, применительно к технологиям и системам информационной поддержки принятия ПУР, это позволило определить в качестве лидирующего технического решения из 114 альтернативных вариантов (включая международные патенты, изобретения и полезные модели) вариант ЭТС «86. Способ обеспечения безопасности корабля» (заявка на патент № 2006105423 с приоритетом 21.02.2006 г.). Уровень СПК по (13) составил 7,461, рейтинг – 5. Конкурентная способность по отношению к конкурирующему решению «72. Автоматизированная система мониторинга безопасности» (рейтинг–6) составила $K_K = 7,461/7,451 = 1,0013$. С одной стороны, это представляется незначительным (на уровне погрешностей оценивания), а с другой – говорит о «жестких» условиях конкурентного соперничества.

Одновременно в сравнении с техническим решением, определяющим национальный уровень развития (решение на рис. 2 с рейтингом 4 и СПК, равным 7,669), конкурентное преимущество анализируемого решения по (2) составляет $K_H = 7,461/7,669 = 0,97$, что можно, вероятно, трактовать как до-

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - 2.БДЗ_БЖКС_121007_РУНН_Экспертиза групповая_Полная". The spreadsheet is a QSWOT analysis table for ship technology solutions. It has columns labeled A through AA and rows numbered 1 through 11. The table is divided into sections: "Сбор, систематизация и визуализация базы данных в ячейке (БДЗ) по борьбе за живучесть корабельных систем (БЖКС)", "Сравнительный анализ данных", and "Таблица ранжирования". The table contains numerical scores and qualitative descriptions for various technology solutions, such as "Система автоматического управления движением судна" and "Система автоматического управления энергетическим оборудованием".

Рис. 2. Пример реализации метода QSWOT-анализа качества и конкурентной способности технологических решений по БЖ корабля, судна

статочный высокий уровень качества. Наконец, в соответствии с (3) конкурентное преимущество анализируемого в сравнении с мировым лидером (в рамках данной БДЗ техническое решение с рейтингом 1, $Q = 9,0$) составила $K_M = 7,461/9,0 = 0,829$, т.е. уступает мировому уровню технологического развития более чем на 17% [14].

Таким образом, предложенная методология (комплекс из трех принципов) и методика оценки качества АС ОМТИ с рассмотренными практическими примерами их реализации подтверждают возможность и целесообразность повышения конкурентоспособности автоматизированных систем объектов морской техники и морской инфраструктуры, в том числе в сопоставлении с национальным и мировым уровнем технологического развития. Приведенный технологический аппарат квалиметрического обеспечения оценки качества и конкурентной способности АС ОМТИ позволяет реализовать так называемый принцип прогрессивного саморазвития и современных ЭТС, включая АС ОМТИ, и систем ранговой сертификации. Это обеспечивается за счет равных условий конкуренции для участников рынка продуктов и услуг, а также процедур сертификации АС ОМТИ и аттестации ОМТИ путем сравнительных валиметрических оценок качества и ранжирования технологических преимуществ ЭТС. Прогрессивное саморегулирование ценообразования ЭТС тем самым обеспечивает информационную прозрачность для потребителя (заказчика) качества ЭТС в поле оценок «качество-стоимость», а также качественно новый уровень взаимного обмена технологической информацией (технологического партнерства) и мотивирования наращивания конкурентоспособности при сравнительно контролируемом уровне информационных рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смольников А.В., Алексеев А.В., Антипов В.В., Бобровиц В.Ю. Ранговая сертификация современных эрготехнических систем, как способ повышения конкурентоспособности объектов морской техники и инфраструктуры // Морской Вестник. – 2013, Вып. 1S (10). – С. 55–59.
2. Управление качеством высшего образования: теория, методология, организация, практика / Под научной ред. А.И. Субетто. – СПб.: Смольный институт РАО, 2005. – В 3-х т. – Т.1. – 406 с.
3. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация.

Курс лекций. – М.: Ассоциация авторов и издателей «Тандем». Изд. «ЭКМОС», 2000. – 320 с.

4. Алексеев А.В. Сертификация систем обработки информации. – СПб.: Изд.СПбГМТУ, 2010. – 159 с.
5. Он же. Алгоритмическое обеспечение оценки качества сложных эрготехнических систем типа судов повышенного риска / Мат-лы юбилейной XIII Санкт-Петербургской международной конфер. «Региональная информатика (РИ-2012)». СПб., 24-26 октября 2012 г., с. 152–153.
6. Он же. Технология и программный комплекс квалиметрической ранговой оценки качества сложных информационно-аналитических систем. – Мат-лы IX Всерос. науч.-практич. конфер. МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении–2008». – СПб.: ОАО «Северная верфь», 2008, с.110–118.
7. Алексеев А.В. Квалиметрическое обеспечение организации принятия проектных и управленческих решений в сложных системах // Системный анализ при создании кораблей, комплексов вооружения и военной техники. Тем. сб. – Вып. 15. –2008. – С. 67–75.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь. 1993.
9. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците – СПб.: СПУ, 1996. – 196 с.
10. Алексеев А.В., Смольников А.В. Интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений при борьбе за живучесть морских объектов повышенного риска. – Мат-лы конфер. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ–2012). – СПб.: ОАО «ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – С. 269–275.
11. Смольников А.В., Сус Г.Н., Ушакова Н.П., Алексеев А.В. К вопросу выбора агрегированного векторного критерия оценки качества систем в борьбе за живучесть объектов морской техники. – Первая науч.-практич. конфер. «Современные технологии автоматизации борьбы за живучесть». – СПб.: ИАП БЖКС, НПО «Аврора», 6.12.2012, с. 12–13.
12. Алексеев А.В. Модифицированный SWOT-анализ и синтез алгоритмов информационной поддержки принятия проектных и управленческих решений / Мат-лы юбилейной XIII Санкт-Петербургской международной конфер. «Региональная информатика (РИ-2012)». СПб., 24-26 октября 2012 г., с. 27–28.
13. Смольников А.В., Алексеев А.В. Квалиметрический SWOT-анализ, синтез и оптимизация технологий информационной поддержки принятия решений судоводителем. – Первая науч.-практич. конфер. «Современные технологии автоматизации борьбы за живучесть». – ИАП БЖКС, НПО «Аврора», 6.12.2012, с. 54–55.
14. Алексеев А.В. Технологические аспекты автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна / Актуальные проблемы морской энергетики. – Мат-лы второй всерос. межотрасл. науч.-технич. конфер. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2013, с. 16–20. ■

Третье поколение боевых надводных кораблей (БНК) составляют тяжелые атомные ракетные крейсера пр. 1144 и 11442, ракетные крейсера пр. 1164, ракетно-артиллерийские корабли пр. 956, большие противолодочные корабли пр. 1155 и многоцелевые ракетно-артиллерийские корабли с усиленным составом противолодочного вооружения пр. 11551. Головные корабли третьего поколения пр. 1144, 956 и 1155 были сданы заказчику в 1980 г., пр. 1164 – в 1982 г. Головной корабль пр. 11551 во второй половине 1996 г. вышел на ходовые испытания.

Тяжелые атомные крейсера пр. 1144 водоизмещением около 25 000 т стали самыми дорогими надводными кораблями СССР. Именно поэтому их было построено только четыре, хотя по первоначальному замыслу каждому американскому авианосцу должен был «противостоять» один крейсер, для этого предполагалось построить 15–16 ед. что выглядело весьма проблематичным по финансовым соображениям.

Для решения этой задачи нужно было спроектировать и построить более дешевые ударные корабли, способные вести борьбу с авианосцами вероятного противника на тех же дистанциях.

Еще в 1969 г. Северное ПКБ выполнило проработку размещения на БПК пр. 1134Б 12 перспективных ПКР П-500 «Базальт» за счет снятия одного УЗРК «Шторм», торпедного аппарата и РБУ-1000.

Во время одного из посещений С. Г. Горшковым Северного ПКБ, состоявшегося в конце 1971 г., им было предложено проработать вариант замены на БПК пр. 1134Б восьми противолодочных ракет 85Р «Метель» на такое же количество ПКР 4 К-80, входивших в состав комплекса П-500. При этом С. Г. Горшков выразил пожелание выполнить такую замену, начиная с седьмого корпуса, причем таким образом, чтобы не нарушить процесс серийного строительства кораблей.

Коллектив конструкторов, который возглавил В. Д. Рубцов, опираясь на уже имеющийся задел (полученный, в частности, в ходе проработки варианта пр. 1134Б с 12 противокорабельными ракетами), в кратчайшие сроки разработал первые проектные предложения по новому ударному кораблю. Причем на палубе удалось разместить не восемь (как предлагал С. Г. Горшков), а двенадцать ПКР, расположив их по бортам в одиночных контейнерах, что потребовало увеличения длины корпуса. Эти, в целом удачные, проработки завершились выходом в свет решения Комиссии при Совете Министров СССР по военно-промышленным вопросам (№ 87 от 20 апреля 1972 г.), которое

РАКЕТНЫЕ КРЕЙСЕРА ПР. 1164 «АТЛАНТ»

В. Е. Юхнин, д-р техн. наук, проф.,
генеральный конструктор Северного ПКБ (1979–2012),
контакт. тел. (812) 784 7674, 936 7132

обязывало Северное ПКБ начать разработку тактико-технического задания на новый корабль – ракетный крейсер пр. 1164 (шифр «Атлант»).

Основными задачами корабля, сформулированными в ТТЗ, являлись придание боевой устойчивости силам флота в отдаленных районах морей и океанов и уничтожение надводных кораблей противника, включая авианосцы.

Главным конструктором проекта был назначен начальник Северного ПКБ А. К. Перьков.

После ухода его на пенсию руководство проектированием «Атланта» было возложено на его заместителя В. И. Мухоморова, ставшего вскоре главным конструктором ракетного крейсера пр. 1164. Заместителями главного конструктора были П. П. Нежевенко, В. А. Сенчуров и В. А. Фомин. Эскизный проект был разработан в короткие сроки, и уже 13 апреля 1973 г. он был утвержден. За основу теоретического чертежа приняли чертеж БПК пр. 1134Б. При этом было признано достаточным выполнить лишь пересчет увеличившихся размерений корпуса корабля и решено не проводить модельные испытания в бассейнах ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова.

Главная энергетическая установка (ГЭУ) крейсера состоит из двух ГТА М-21. Она построена по схеме COGAG, т. е. состоит из работающих на один вал (на каждом борту) маршевого и форсажного газотурбинных двигателей (ГТД) и в целом аналогична ГЭУ корабля пр. 1134Б. Однако к маршевым ГТД М70 добавлены паровые турбины, получающие пар от теплоутилизационных котлов, размещенных в газоходах как главных ГТД,

так и трех (из шести) газотурбогенераторов. Таким образом, на каждый из двух валов крейсера работает одна маршевая газовая турбина М70, на общий с нею редуктор и паровая турбина, а на форсажном режиме к ним подключаются еще две газовые турбины М8КФ. мощностью по 25 000 л.с. каждая. Суммарная мощность ГЭУ, таким образом составляет 110 000 л.с., что обеспечило кораблю полную скорость 32 уз.

Благодаря наличию теплоутилизационного контура КПД маршевой части ГЭУ удалось повысить на 12%, что несколько увеличило дальность плавания, которая на оперативно-экономическом ходу (18 уз.) составила у кораблей этого проекта 7500 миль.

Электроэнергетическая установка имеет шесть главных генераторов: три по 1500 кВт и три по 1250 кВт.

В процессе работы над проектом Северное ПКБ предложило ВМФ вариант корабля не с 12, а с 16 ракетами УРО «Базальт». Такое решение было продиктовано стремлением существенно повысить эффективность корабля и обеспечить возможность поражения ядра авианосного соединения США. Это заставило Северное ПКБ отказаться от громоздких поворотных пусковых установок пр. 1143 и заменить их на облегченные неподвижные ПУ, что позволило компактно разместить их на верхней палубе и добиться минимально возможного увеличения размерений корабля.

СПКБ выдало задание КБСМ на создание комплекса таких ПУ с обеспечением соответствующих газодинамических характеристик газовыхлопа с целью защиты маршевых двигателей ракет при



Рис. 1. Ракетный крейсер «Москва» проекта 1164 («Атлант»)

старте, а также корабельных конструкций и оборудования от струй работающих стартовых двигателей. Этот комплекс был тщательно отработан на полигоне КБСМ на масштабном (1:5) макете пуском соответствующих стартовых устройств.

Принципиально новым (и не менее важным, чем ударное) оружием крейсера пр. 1164 стал ЗРК зональной (коллективной) ПВО С-300Ф, предназначенный для борьбы с воздушными средствами нападения. В частности, он должен был поражать самолеты РТР и РЭБ или отдалять рубежи работы их разведывательно-помеховых систем от обороняемого соединения, а также перехватывать управляемые авиабомбы. Кроме того, у С-300Ф осталась и задача поражения надводных целей, решать которую позволяло наличие на ракете довольно мощной осколочно-фугасной БЧ массой 130 кг. В ЗРК С-300 впервые в отечественной и мировой практике был реализован вертикальный старт ракет из транспортно-пусковых контейнеров, размещаемых в подпалубных барабанах револьверного типа. Принципиально новой явилась и помехозащитная многоканальная система управления «Форт». Она позволяла одновременно сопровождать 12 и обстреливать 6 воздушных целей. Столь высокие характеристики достигались применением в РЛС фазированной антенной решетки (ФАР) и двух ЦВМ нового поколения.

По ракетной части ЗРК «Форт» унифицирован с комплексом С-300П, состоявшим на вооружении войск ПВО.

Кроме этого, на корабле были установлены два ЗРК самообороны «Оса-М». Этот комплекс, принятый на вооружение в 1972 г., зарекомендовал себя как надежное и эффективное оружие и был хорошо освоен на флотах. После модернизации в 1975 г. доработанный комплекс, получивший название «Оса-МА», мог поражать воздушную цель на минимальной высоте до 25 м.

На баке крейсера размещена двухствольная 130-мм артиллерийская установка АК-130. Второй артиллерийский калибр на корабле представлен ставший стандартным 30-мм МЗАК



Рис.2. Пусковые установки противокорабельного ракетного комплекса «Базальт»

АК-630/МР-123. При этом на крейсере удалось разместить три батареи по два автомата с одной системой управления «Вымпел» (МР-123).

Основу общекорабельных средств обнаружения воздушных целей на корабле пр. 1164 составили радиолокационные станции общего обнаружения и целеуказания «Восход» МР-600 и «Фрегат-М» МР-710М (или «Фрегат-М2» МР-750).

Радиолокационный комплекс способен обнаруживать высотные цели на дистанции более 500 км и выдавать целеуказание системам управления комплексов вооружения. Корабль оснащен тремя навигационными комплексами «Вайгач» МР-212. Радиотехническую разведку и радиоэлектронную борьбу (противодействие) обеспечивают станции «Гурзуф», «Кольцо» и «Старт». Имеется и комплекс выстреливаемых пассивных помех ПК-2 с двумя пусковыми установками ЗИФ-121.

Радиосвязное вооружение крейсера представлено комплексами радиосвязи «Тайфун-2» и «Цунами-БМ» (последняя обеспечивает связь через искусственные спутники Земли), а не россыпью различных радиостанций, как это было на кораблях более ранних проектов. Управление боевыми подсистемами крейсера осуществляет боевая информационно-управляющая система (БИУС) третьего поколения «Лесоруб-1164». Она была создана на новой (для того времени) элементной базе, с повышенной автоматизацией и быстродействием.

Две 12-ствольные бомбометные установки РБУ-6000 и два пятитрубных торпедных аппарата ПТА-53-1134, по существу, являются оборонительным оружием ПЛО. Торпедные аппараты размещены под протяженной палубой полубака, т. е. в закрытом помещении и стреляют через открывающиеся бортовые крышки (лацпорты). На корабле установлен ГАК «Платина» с подкильной и буксируемой антеннами, что позволяет гарантированно обнаруживать подводные лодки противника в ближней зоне практически при любых гидрологических условиях.

Авиационное вооружение крейсера представлено одним вертолетом разведки и целеуказания «Ка-25», размещаемым в стационарном ангаре. Планировалось, что в перспективе (после 1983 г.) он будет заменен на новый «Ка-252 РЦ». Однако ОКБ им. Н. И. Камова до распада СССР такой вариант машины так и не создало. В настоящее время с крейсерами этого типа, как правило, работают противолодочные вертолеты «Ка-27 ПЛ» (табл. 1).

Экипаж корабля состоит из 66 офицеров, 64 мичманов и 355 матросов и старшин. Для личного состава созда-

Таблица 1
Тактико-технические характеристики ракетных крейсеров пр. 1164

Характеристика	Значение
Водоизмещение, т: стандартное полное	9500 11280
Размерения, м: длина наибольшая/ по КВЛ ширина наибольшая/ по КВЛ осадка средняя	187,0/171,0 20,8/19,2 5,88
Скорость хода, уз.: полного экономического	32,52 18,13
Дальность плавания, мили	8070 (18,0)
Тип ГЭУ, мощность, л.с.	ГТУ, 80 900
Экипаж, чел.	485
Вооружение: противокорабельное зенитное артиллерийское противолодочное торпедное бомбовое авиационное радиоэлектронное	8×2 ПУ ПКРК П-500 «Базальт» 8×8 ПУ ЗРК С-300Ф, 2×2 ПУ ЗРК «Оса-М» 1×2 – 130, 6×6 – 30 2×5 533-мм ТА 2 РБУ-6000 Вертолет «Ка-25ПЛ»
РЛС обнаружения ВЦ и НЦ	«Флаг»
Средства РЭБ	Набор средств
ГАС	МГ-335 с БУ

ны прекрасные условия, он размещается в кубриках, каютах, кают-компаниях с отделкой инкрустированными панелями, плавательный бассейн с водопадом морской воды, сауна и тренажерный зал. Микроклимат в помещениях поддерживается при помощи четырех холодильных установок БМ-600.



Рис.3. Палубные крышки пусковых установок ЗРК С-300Ф

Основные этапы постройки ракетных крейсеров проекта 1164

Название	Заложен	Спущен на воду	Вступил в строй ВМФ
«Слава» («Москва»)	05.11.1976	27.07.1979	30.12.1982
«Маршал Устинов»	05.10.1978	25.02.1982	15.09.1986
«Червона Украина» («Варяг»)	01.08.1979	28.07.1983	26.12.1989
«Адмирал флота Лобов» (Россия) (с 1993 «Украина» Украина)	29.08.1984	11.08.1990	-

Головной корабль пр. 1164 «Слава» вступил в состав Черноморского флота (табл. 2), а затем летом 1983 г., совершил переход на Север, чтобы завершить там совместно с крейсером «Киров» (пр. 1144), также оснащенный комплексом С-300Ф, окончательную доработку этого комплекса. Официальное принятие на вооружение ЗРК С-300Ф состоялось лишь в 1984 г.

Во время обратного перехода с Северного флота были проведены мореходные испытания «Славы» в Бискайском заливе в шестибалльный шторм. При этом крейсер подтвердил отличную мореходность.

Второй крейсер пр. 1164 «Маршал Устинов» спустили на воду в 1982 г. и сдали флоту 29 сентября 1986 г.

Третий крейсер – «Червона Украина» строился еще медленнее, чем два предыдущих, и сдали его лишь через 10 лет после закладки.

Четвертый, «Адмирал флота Лобов», был спущен на воду 11 августа 1990 г. После распада СССР он остался на Украине. Судьба этого корабля не определена до сих пор. Он был заложен в 1984 г., т.е. почти 30 лет назад и спущен на воду в 1990 г., 24 года назад. За это время многие образцы техники устарели, заложенный кабель «выработал» свой срок и подлежит замене. Остается только корпус и ГЭУ, да и те нуждаются в освидетельствовании и продлении срока службы. Ук-

раина неоднократно предлагала России или достроить крейсер на заводе в Николаеве или купить его и достраивать в России, но соглашение так и не было достигнуто из-за слишком высокой цены, запрашиваемой Украиной. Скорее всего, корабль так и «умрет» у заводской стенки Завода им. 61 коммунара в Николаеве.

Пятый корабль (зав. № 2012) был заложен (изготовлены первые секции) по откорректированному пр. 1164.1. Корабль получил имя «Россия», однако строительство этого крейсера вскоре прекратили, а изготовленные секции отправили в металлолом.

В настоящее время в боевом составе ВМФ России находятся три крейсера пр. 1164: «Москва» в составе Черноморского флота, «Варяг» числится в составе Тихоокеанского флота, а «Маршал Устинов» – в составе Северного флота.

Корабли пр. 1164 стали заметным явлением в истории отечественного судостроения. Российская конст-

рукторская школа в очередной раз показала всему миру свой уровень проектирования, и наши корабли по многим характеристикам и техническим решениям превосходят или во всяком случае не уступают зарубежным. Только один, но очень важный и характерный показатель: относительный вес вооружения, т.е. «полезной нагрузки», составляет около 18% от стандартного водоизмещения, хотя обычно эта величина достигает 10–12%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вместе с флотом России: К 65-летию ОАО «Северное ПКБ»/ Председатель ред. совета В.Е. Юхнин. Под общей редакцией В.И. Спиридопуло. – СПб «Информ ВС», 2011.
2. Белоголов В.В., Терентьев А.А. Материалы по истории Северного ПКБ. Ч. 12: Создание ракетных кораблей третьего поколения, 1997. ■

30 января 2014 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося инженера-кораблестроителя, капитана 1 ранга, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, ветерана Великой Отечественной войны и подразделений особого риска Федора Степановича Шлемова.



Инженер-капитан 1 ранга
Ф. С. Шлемов. 1957 г.

Родился Федор Степанович 30 января 1914 г. на заводе «Пороги» Саткинского района Челябинской области в рабочей семье. В 1930 г. после окончания 8-го класса Саткинской фабрично-заводской

ИНЖЕНЕР-КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ Ф. С. ШЛЕМОВ К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

С. М. Вилков, д-р техн. наук, проф., кап. 1 ранга в отставке,
контакт. тел. 8 911 264 4545

школы Федор Шлемов поступает в Индустриальный техникум в г. Златоуст, а в 1935 г. – в Уральский индустриальный институт им. С.М. Кирова в Свердловске. В 1936 г. успешно закончив 1-й курс института, он был командирован Свердловским обкомом комсомола в Высшее военно-морское инженерное училище им. Ф.Э. Дзержинского в Ленинграде.

Начало Великой Отечественной войны мичман Шлемов встретил за чертежной доской, работая над дипломным проектом. Его дипломная работа, посвященная проектированию крейсера, была уже практически готова, оставалось закончить демонстрационные чертежи. Однако защита дипломов не состоялась, а выпускникам «Дзержинки» вместо звания «старшего инженер-лейтенанта» было присвоено необычное звание: «инженер-лейтенант с выслугой один год». Это означало, что очередное звание при нормаль-

ном прохождении службы должно быть присвоено через год. Однако жизнь, а точнее, война распорядятся иначе...

Уже 25 июня 1941 г. инженер-лейтенант Шлемов был направлен в ремонтное отделение Технического отдела Черноморского флота, где с 5 июля приступил к исполнению обязанностей инженера-кораблестроителя группы надводных кораблей.

Морские боевые операции с первых дней войны проходили при господстве авиации противника в воздухе и при ограниченном зенитном вооружении наших кораблей. В таких условиях советские корабли получали аварийно-боевые повреждения, в результате чего резко увеличился объем судоремонтных работ. В ноябре 1941 г. началась эвакуация судоремонтных заводов и мастерских из главной базы Севастополя на Кавказ – в города Туапсе, Поти и Батуми. Были потеряны все сухие доки флота. С большими трудностями

удалось перевести в Потти два современных плавдока ВМФ грузоподъемностью по 5000 т.

4 января 1942 г. в порту Феодосии от разрыва 500-килограммовой авиабомбы легкий крейсер «Красный Кавказ» водоизмещением около 8500 т получил большие повреждения в корме на длине 15 м. Для докового ремонта крейсера принципиально можно было использовать два спаренных 5000-тонных плавдока. Однако главным недостатком этого варианта было то, что флот на длительное время остался бы без доков для ремонта других поврежденных кораблей. К тому же увеличивалась вероятность одновременной потери двух спаренных плавдоков при налетах авиации противника. Необходимо было искать другое решение. И это решение было найдено, основным разработчиком его стал инженер-лейтенант Шлемов. Решено было неполностью доковать легкие крейсера в плавдоке водоизмещением 5000 т. Суть метода состояла в том, что часть разгруженного крейсера оставалась в воде, обеспечивая его плавучесть около 4000 т. Нагрузка остальной части крейсера на килевую дорожку дока составляла менее 4000 т, что значительно меньше грузоподъемности плавдока! Новый способ докования был успешно использован и при ремонте крейсеров «Молотов» и «Красный Крым», позволив сэкономить значительные средства.

За эту работу Ф. С. Шлемов в составе авторского коллектива был представлен к Сталинской премии. Однако в результате премии не дали, заменив ее денежной выплатой. В 1942 г. Ф. С. Шлемов был награжден орденом Красной Звезды за аварийно-боевой ремонт кораблей, а очередное звание ему было присвоено лишь в 1943 г.

В сентябре 1944 г. закончились военные действия на Черноморском театре, и старшему инженер-лейтенанту Шлемову была предложена возможность поступить в Военно-морскую академию (ВМА). Сдав успешно все экзамены, он по рекомендации одного из экзаменаторов – члена-корреспондента АН СССР профессора П. Ф. Папковича, выдающегося ученого в области прочности кораблей – становится слушателем лекций по специализации «строительная механика корабля» факультета военного кораблестроения ВМА кораблестроения и вооружения им. акад. А. Н. Крылова. В ноябре 1947 г. Федор Степанович с «отличием» окончил академию, а его дипломная работа была признана государственной комиссией на уровне требований к кандидатским диссертациям. Уже в июне 1948 г. успешно прошла защита его диссертации на тему: «Прочность корпуса при постановке корабля в док». В этом же году Федор Степанович был назначен старшим на-

учным сотрудником отдела прочности¹ Института ВМФ.

Опыт войны показал, что корабли довоенной постройки: лидеры эсминцев (ЭМ) пр. 1 и 38, а также ЭМ пр. 7 и 7У – имели значительные недостатки. Они обладали пониженной мореходностью и прочностью корпусов при плавании в штормовых условиях. Необходимо было срочно критически проанализировать состояние прочности наших кораблей. Требовалось уточнить методы расчета внешних сил, действующих на корабль в условиях развитого морского волнения, изучить закономерности распределения деформаций (напряжений) в прерывистых связях сварного корпуса, разработать новые правила конструирования и откорректировать нормы прочности. Анализ всех этих вопросов в институте был поручен молодому ученому инженер-капитану 3 ранга Ф. С. Шлемову.

Начинать надо было со статической прочности. Таким испытаниям на общую прочность до разрушения в 1950 г. при участии Федора Степановича был подвергнут трофейный немецкий цельносварной ЭМ «Прыткий» (Z-14). Опыт был проведен в сухом доке Кронштадтского морского завода при постановке корабля на две специальные опоры по концам. Нагрузка создавалась за счет ступенчатой откачки воды из дока, а затем контролируемого заполнения отсеков корпуса водой. Опытные данные подтвердили, что продольная прочность корабля при прогибе целиком определяется устойчивостью палубного перекрытия. Сварные швы не оказали отрицательного влияния на запасы общей прочности корпуса корабля. Были подтверждены выводы и рекомендации академика Ю. А. Шиманского о том, что основное внимание при конструировании должно быть обращено на правильное оформление прерывистых связей.

В 1949–1953 гг. в СССР прошли статические испытания общей прочности сварных корпусов головных кораблей основных проектов. Участником и руководителем этих испытаний был Ф. С. Шлемов. Прочностные мореходные испытания новых кораблей также проходили при его участии. На основе проведенных испытаний для массового строительства был принят ЭМ пр. 56. Обладая высокими скоростями и мореходными качествами, имея надежную главную энергетическую установку (ГЭУ), достаточно мощное вооружение, эти корабли успешно решали боевые задачи по обеспечению защиты страны с морских направлений. Они послужили также надежными носителями ракетного оружия на начальных этапах рождения ракетно-ядерного океанского флота.

В эти годы Федор Степанович много времени уделяет преподавательской работе, читает курс лекций по строительной механике корабля на кораблестроитель-

ном факультете училища им. Ф. Э. Дзержинского. В 1956 г. в Воениздате выходит учебник Ф. С. Шлемова и А. В. Масыгина «Строительная механика корабля». Книга до сих пор не утратила своей актуальности и, по сути, является энциклопедией прикладных аспектов науки о прочности. Ученик П. Ф. Папковича – Федор Степанович Шлемов – выполнил работу, которую при жизни не успел сделать его учитель.

Подводные ядерные взрывы современного морского оружия являются наиболее эффективным средством в борьбе против глубоководных атомных подводных лодок (ПЛ). Поэтому вопросы противотомной защиты (ПАЗ) отечественных ПЛ заняли важное место в научных работах ВМФ, в которых принимал непосредственное участие Ф. С. Шлемов.

В связи с перспективами строительства подводных лодок в СССР с большой предельной глубиной погружения потребовалось организовать широкий комплекс натурных испытаний ПЛ на взрывостойкость. С этой целью в 1958–1960 гг. на Ладожском озере были проведены испытания на взрывостойкость ПД «С-45» пр. 613 с имитацией параметров подводного атомного взрыва при помощи подводных взрывов шнуровых зарядов. Были получены опытные данные для оценки взрывостойкости военно-морской техники ПЛ 1-го и отчасти 2-го поколения.

В 1960 г. инженер-капитан 1 ранга Ф. С. Шлемов руководит испытаниями в Кольском заливе баллистических ракет Р-13, размещенных в опытном отсеке «РО-629», представляющем собой часть ПЛ пр. 629 в районе ракетных шахт. В практике экспериментальных работ был впервые осуществлен подводный взрыв десятитонного шнурового заряда специальной сборки, параметры которого по ударной волне имитировали ядерный подводный взрыв на реальных безопасных радиусах.

Первые же испытания ПЛ «С-45» пр. 613, организованные по инициативе Ф. С. Шлемова, показали, что взрывостойкость внутреннего оборудования ПЛ ниже взрывостойкости прочного корпуса. Это вызывало необходимость испытаний ПЛ с оборудованием или создания специальных опытных стендов с образцами современного оборудования, оружия и вооружения. Такой испытательный морской стенд пр. 1805 был создан на заводе «Судомех» по чертежам ЦКБ «Рубин». С его помощью удалось получить важнейшие опытные данные по ударостойкости перспективного оборудования ПЛ.

18 августа 1965 г. Федора Степановича назначают начальником 3-го Управления (кораблестроительных проблем) 1 Института ВМФ. В силу специфики работы в институте и большой загрузки текущими делами ему не удавалось выкроить время на научное обобщение накопившегося ма-

териала. По настоянию начальника института В. Н. Бузова он все же подготовил и в 1968 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по совокупности работ на тему «Конструктивная защита кораблей от взрыва». После этого Федор Степанович находился на службе еще около трех лет и 3 декабря 1971 г. был уволен в запас.

Главным итогом проведенных крупных натурных испытаний по взрывостойкости ПЛ надо считать то, что за относительно короткий срок было преодолено отставание от ВМС США по уровню разработки проблемы ПАЗ ПЛ. Огромная заслуга в этом принадлежит Ф. С. Шлемову. За успешное решение проблемы взрывостойкости глубоководных атомных подводных лодок ВМФ коллектив участников, в том числе и Ф. С. Шлемов, был представлен на соискание Государственной премии СССР за 1971 г. К сожалению, хотя было получено предварительное одобрение в подсекциях и секциях Комитета СМ СССР, премию не дали. Не дали ее и при повторном представлении.

Перейдя на гражданскую службу, Федор Степанович в 1971–1988 гг. работает в родном институте сначала на должности младшего, а затем и старшего научного сотрудника отдела прочности и боевой защиты кораблей. Таким образом, Ф. С. Шлемов более 40 лет посвятил 1 ЦНИИ.

В 1972 г. Федор Степанович Шлемов был утвержден в ученое звание профессора на кафедре строительной механики и вибрации корабля ВВМИОЛУ им. Ф. Э. Дзержинского

В 1970–1980-е гг. правительством страны была поставлена задача создания тяжелых авианесущих кораблей. Первый тяжелый авианесущий крейсер (ТАВКР) «Киев» (пр. 11431) не имел систем надводной и подводной конструктивной защиты. Надводная конструктивная защита погребов была впервые применена на четвертом корабле (пр. 11434) «Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков». Для повышения живучести на пятом ТАВКР планировалось применить бортовую подводную конструктивную защиту (БПКЗ) от взрыва торпед. Для оценки ее эффективности в 1976–1982 гг. была поставлена НИОКР «Бастион-14» и проведены широкие комплексные модельные и натурные испытания. Руководителем работ был назначен Ф. С. Шлемов.

Изготовление моделей было поручено Черноморскому судостроительному заводу в Николаеве. Проектирование и изготовление первой очереди моделей были завершены к лету 1976 г. Испытания проводились под Севастополем на полигоне в/ч 13132 в бухте «Казачья». Наиболее характерным разрушением основной защитной переборки (ОЗП) БПКЗ был «срез» ее по основному металлу по линии примыкания к настилу второго дна. При этом

средняя величина относительного удлинения ОЗП не превышала 1%! Основная причина столь малой энергоемкости ОЗП состояла в значительной концентрации сдвиговых и изгибных напряжений в зоне разрушения, которая к тому же являлась и зоной термического влияния из-за наличия здесь сварных швов.

После первых опытов Федор Степанович стал размышлять над устранением причин такого поведения защитной преграды. В результате у него родилась идея создания слоистой ОЗП. Для проверки этой идеи были проведены сравнительные испытания моделей БПКЗ с монолитной и двухслойной ОЗП. По результатам испытаний комиссия пришла к выводу, что слоистая конструкция не уступает монолитной по взрывостойкости. Это была большая творческая победа Федора Степановича, поскольку открывалась возможность создавать оптимальную БПКЗ с малой глубиной. После завершения маломасштабных испытаний на Черном море, испытания уже в масштабе 1:4, 24 были продолжены на полигоне Ладжского озера. В конце 1970-х гг. Ф. С. Шлемов для проведения натурных опытов добился использования подлежащего сдаче на металлолом танкера «Клайпеда». Испытанию подверглись две системы БПКЗ: со слоистой, предложенной Ф. С. Шлемовым, и монолитной ОЗП. Первая выдержала контактный взрыв торпеды с некоторым запасом. Монолитная ОЗП разрушилась по сварным швам и целому металлу. Ее взрывостойкость была оценена на 25 % ниже слоистой в равных расчетных условиях. По результатам натурных испытаний на ТАВКР «Адмирал Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецов» была применена система БПКЗ профессора Ф. С. Шлемова. Аналогичная система внедрена и на шестом ТАВКР «Варяг». Этот корабль после распада СССР был продан в 1992 г. Украиной в Китай для организации плавучего центра развлечений с казино. В 2012 г. под названием «Ляонин» он вошел в состав ВМС Народно-освободительной армии Китая. Таким образом, изобретение Ф. С. Шлемова несколько экзотическим путем, но получило международное признание.

Ф. С. Шлемов не мог оставаться равнодушным, когда, так или иначе, попирались интересы флота. Во имя его процветания он стучался во все двери, даже писал письма в Политбюро ЦК КПСС, и почти всегда добивался успеха. Некоторые расценивали его борьбу как проявление скандального характера, другие восхищались его неукротимой волей и целеустремленностью. Как бы там ни было, но только его «таранный» характер, умение брать на себя ответственность и увлечь своими замыслами, изобретательность, желание поддержать талантливых людей и доверие молодым специалистам

позволили ему поставить и решить огромный круг задач военного кораблестроения.

Уйдя в начале 1988 г. из родного института по сокращению штатов, Федор Степанович не мог оставаться без дела. И уже 3 августа профессор Ф. С. Шлемов, благодаря стараниям своих учеников, был временно введен в штат в качестве лаборанта кафедры паросиловых энергетических установок ЛВВМИУ им. В. И. Ленина. А с 1 сентября он уже читает лекции на кафедре «Теории корабля» этого училища будучи сначала в должности доцента, а с 1 сентября 1990 г. и до 31 августа 1995 г. – в должности профессора этой кафедры. В июле 1995 г. Указом Президента РФ Ф. С. Шлемову было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ». В этом же году он завершил преподавательскую деятельность.

В 1997 г. в издательстве СПМБМ «Малахит» в серии «Подводное кораблестроение. Прошлое, настоящее, будущее» (выпуск № 9) вышла книга воспоминаний профессора Ф. С. Шлемова «Записки корабельного инженера. Обеспечение прочности и боевой защиты кораблей ВМФ в Отечественном кораблестроении за 50 лет (1945–1995 гг.)». Эту интересную, ставшую библиографической редкостью книгу Ф. С. Шлемов посвятил обобщению опыта корабельных инженеров старшего поколения.

12 февраля 2002 г. после завтрака Федор Степанович прилег отдохнуть и... не проснулся. Он был похоронен на Волковском православном кладбище. Внутри строгой, выполненной в морском стиле оград, установлен памятник.

Любимый учитель Федора Степановича П. Ф. Папкович свой доклад на совместном собрании Академии наук СССР и Народного Комиссариата Военно-Морского Флота СССР, посвященном памяти А. Н. Крылова (15 декабря 1945 г.) закончил такими словами: «Пройдут годы, и, вероятно, наши современные знания будут представляться нашим отдаленным потомкам столь несовершенными, как то, чем по вопросам качки корабля располагал великий Эйлер

Когда все здание нашей современной науки будет представляться счастливым потомкам нашим ничем иным, как скромной хижинкой. Но если будут эти наши потомки строить корабли и если сохранится у них похвальный обычай заглядывать иногда в прошлое, чтобы вспомнить с благодарностью тех строителей великого здания науки, в котором они будут обитать, то будет у них все основания вспомнить с благодарностью об А. Н. Крылове как об одном из тех, кто сам живя, быть может, в хижине, немало способствовал хижине этой стать в будущем дворцом...».

Эти замечательные слова в полной мере можно адресовать и Федору Степановичу Шлемову. ■



ИМПЕРАТОР ПЕТР I НА СЛУЖБЕ В РОССИЙСКОМ ФЛОТЕ

*С. П. Сырый, проф., кап. 1 ранга запаса,
заслуженный работник высшей школы России,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС,
контакт. тел. (812) 431 9423*

Действия императора Петра I известны всем читателям, но поскольку этот монарх основал наш флот и сам носил звание адмирала, кратко изложим ход его службы.

В 1688 г. между вещами своего деда Никиты Ивановича Романова Петр нашел старый английский бот, пробудивший в нем сильное любопытство тем, что был лучше и крепче русских судов и мог ходить под парусами «не только что по ветру, но и против ветру». Потешные плавания на этом боте по реке Яузе и Просяному пруду пробудили в царе любовь к морю и подали повод «к великому флота строению».

В 1689 г. Петр избрал для плавания Переяславское озеро, на берегу которого основал верфь и принимал на ней деятельное участие в постройке судов.

В 1690 г. на флотилии, состоявшей из мелких гребных судов и английского ботика, названного впоследствии «Дедушкой русского флота», молодой царь совершил поход по р. Москва до Угрешского монастыря.

В 1691 г. на яхте, построенной собственными руками в Москве, Петр плавал по Москве-реке до Угрешского монастыря и как уже опытный мастер получил от князя-кесаря Ф. Ю. Ромодановского «*государев указ*»: построить к весне 1692 г. в Переяславе военный корабль.

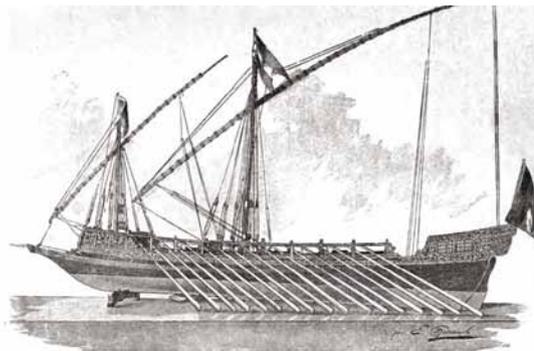
В этом же 1692 г. был спущен на воду построенный Петром на Переяславской верфи корабль, на котором в эскадре из других судов флотилии он производил морские маневры в присутствии адмирала Ф. Ю. Ромодановского.

В 1693 г. Петр Алексеевич совершил первый поход на Белое море: до Вологды сухим путем, а оттуда до Архангельска по воде на флотилии карбасов. Архангельск был тогда единственным морским портом Московского государства. В том же году Петр I построил в Архангельске первый торговый корабль и, вероятно, для изъявления признательности голландцам, вселившим в нем охоту к мореплаванию, поднял на этом корабле красно-сине-белый полосатый флаг, подобный голландскому, только с другой очередностью полос. Из Архангельска на яхте «Св. Петр» он впервые прошел по морю до р. Паноя и едва не погиб у Соловецких островов.

В 1694 г. государь опять отправился в Архангельск и на корабле саардамского корабельщика Клааса Виллемсона Муша, прошел все нижние ступени морской службы. Однажды Муш, шутя, сказал Петру, чтобы тот полез на мачту и прикрепил один канат. Петр I, приняв слова своего капитана за приказ, исполнил его волю, а Муш с ужасом смотрел, как государь это делал.

В Архангельске Петр Алексеевич спустил строившейся на Соломбальской верфи корабль «Апостол Павел», и на яхте «Св. Петр» совершил поход в Соловецкий монастырь. Память об этом походе хранит находящийся в Архангельском кафедральном соборе деревянный крест, сделанный, как свидетельствует надпись, «руками шкипера Петра». Крест этот первоначально был поставлен самим государем на берегу, близ Пергоминского монастыря, в память избавления от опасности, которой подвергалась яхта во время жестокой бури.

Возвратившись в Архангельск, Петр занимался приготовлением к плаванию корабля «Апостол Павел» и его вооружением.



Галера времен Петра Великого

По прибытии из Голландии купленного там корабля «Святое Пророчество» Петр принял его под свою команду и совершил на нем плавание по Белому морю до Святого Носа в эскадре под флагом адмирала Ромодановского. В 1695 г. на верфи, основанной в селе Преображенском, Петр построил части 22 галер и четырех брандеров. Суда эти были собраны в Воронеже и спущены на воду.

Невозможность устроить флот на Белом море вынудила Петра на отвоевание у турок берегов Азовского моря и тем самым открыть путь в Азовское и Черное моря.

Но поспешность похода, храбрость осажденных турок и измена голландского инженера, руководившего осадными работами, заставили Петра отступить. Первый поход на Азов закончился неудачей. Стало ясно, что крепость Азов, имеющая сообщения со своими заморскими базами, одними сухопутными войсками не взять. Нужен флот, который установил бы морскую блокаду крепости.

В 1696 г. по прибытии в Воронеж Петр Алексеевич принял участие в постройке двух галеасов. Затем в должности капитана и командира галеры «Принципум» совершил плавание от Воронежа до устья Дона с флотилией под началом адмирала Франца Лефорта. В низовьях Дона Петр Алексеевич участвовал во второй осаде крепости Азов, по взятии которой 29 (19) июля выходил на гребных судах в море и выбрал место для устройства гавани и порта у Таганрога.

30 (20) октября 1696 г., когда царская Дума постановила: «морским судам быть», Петр принял участие в образовании «кумпанств» и руководил строительством кораблей, положив основание всем порядкам по управлению флотом и адмиралтейством, снаряжению и вооружению судов, комплектованию и обучению морских команд и их продовольствию.

Морскую службу до 1697 г. Петр проходил под именем Петра Алексеева. В 1697 г. для изучения кораблестроения и морского дела Петр отправился волонтером под именем Петра Михайлова при посольстве в Голландию. Работал сначала в Саардаме на частной верфи, потом в Амстердаме на верфи Ост-Индийской компании, где участвовал в постройке корабля, от его закладки до окончания и получил от мастера Класса Поля аттестат на знание корабельной архитектуры.

«Я, нижеподписавшийся, Геррит Класс Поль, корабельный мастер при Амстердамской камере привилегированной Ост-Индийской компании, свидетельствую и удостоверяю по истине, что Петр Михайлов, находящийся в suite великого Московского посольства в числе тех, которые здесь в Амстердаме на Ост-Индийской «корабельной верфи,



Цейхгауз в Воронеже, оставшийся от Петровской верфи и морских кораблестроительных складов 1695–1713 гг., когда Воронеж был центром по постройке Азовского флота

с 10 августа 1697 года по нижесказанное число, жили и под нашим руководством плотничали, во все время благородного здесь пребывания своего был прилежным и разумным плотником, также в связывании, заколачивании, сплачивании, поднимании, прилаживании, натягивании, плетении, конопачении, строгании, бурении, распиливания, мощении и смолении поступал, как доброму и искусному плотнику надлежит, и помогал нам в строении фрегата «Петр» и «Павел» от первой закладки его почти до окончания длиною во 100 футов (от форштевня до штирборта); кроме того, под моим надзором, корабельную архитектуру и черчение планов его благородие изучил так основательно, что может, сколько мы сами разумеем, в том и другом упражняться.

Для подлинного удостоверения, я подписал сие моею собственною рукою.

Дано в Амстердаме в нашем постоянном местопребывании на Ост индийской верфи

*15 января в лето Господне 1698 года.
Геррит Класс Поль, корабельный мастер»*

В 1698 г., заметив, что в Голландии кораблестроители, не обладая теоретическими сведениями, руководствуются одной практикой, отправился в Англию и, поселившись в Дентфорде, занялся изучением теории кораблестроения. Плавал на английском флоте до о. Уайта, присутствовал на устроенных в честь него морских маневрах. По возвращении из заграничного путешествия принял звание корабельного мастера, по должности которого и стал получать жалование по 366 рублей в год.

30 (19) ноября заложил в Воронеже 58-пушечный корабль.

В 1699 г. в чине капитана Петр командовал кораблем «Отворенные врата» и ходил на нем в эскадре адмирала графа Федора Алексеевича Головина из Таганрога в Керчь для сопровождения корабля «Крепость», на котором в Константинополь отправлялся русский посол дьяк Емельян Украинцев.

8 мая (27 апреля) 1700 г. Петр спустил в Воронеже построенный им без помощи иностранцев 58-пушечный корабль «Прединация», который, по отзывам современников, был «*весьма красивый, зело изряден пропорцией, изрядного художества, и зело размером добрым состроенный*».

В 1701 г. Петр провел три месяца в Воронеже в занятиях по приведению в исправность судов Азовского флота и по устройству Воронежского адмиралтейства.

В 1702 г. Петр Алексеевич совершил третий поход на Белое море. На Вавчуге спустил два фрегата: «Св. Дух» и «Курьер», заложил фрегат «Св. Илья». С эскадрой судов архангельской флотилии на яхте «Транспорт–Рояль» ходил из Архангельска в Соловецкий монастырь, а потом в Онежский залив к селению Нюхча. Отсюда до Повенецкого погоста устроил дорогу, по которой перетащил сухим путем до Онежского озера две яхты и несколько гребных судов и на них прошел по Онежскому озеру и р. Свирь до Сермаксы.

В мае 1703 г., начальствуя отрядом лодок с десантом гвардии, Петр взял на бордаж стоявшие в устьях Невы два шведских судна: 10-пушечную шняву «Астрильд» и 5-пушечный вице-адмиральский бот «Гедан», за что был награжден орденом Св. Андрея Первозванного. В сентябре в звании капита-

на Петр Алексеевич привел с Олонецкой верфи в Петербург корабль «Штандарт».

В октябре после ухода отряда шведских судов от Невского устья он отправился к о. Котлин, сделал промер фарватера около него и указал место для постройки крепости Кроншлот, преградившей неприятельскому флоту доступ в Неву. 11 июня (31 мая) 1704 г. Петр участвовал в завладении выброшенными на отмель близ Нарвы двумя шведскими шкутами, а 7 октября (24 сентября) спустил на воду на Олонецкой верфи построенную им шняву «Мункер». С отрядом вновь построенных судов совершил трудное осеннее плавание по Ладожскому озеру.

16 (5) ноября в Петербурге государь заложил Адмиралтейство и спустил на воду 10 бригантин, построенных по составленному им самим чертежу и носивших поэтому название русских бригантин.

С 22 февраля по 19 апреля (по стар. ст.) 1705 г. Петр Алексеевич находился в Воронежском крае на инспектировании работ по судостроению и устройству адмиралтейств.

15 (4) июня на Олонецкой верфи был спущен построенный по собственному чертежу Петра 32-пушечный фрегат «Олифант».

В 1706 г. Петр Алексеевич был произведен в капитан-командоры.

10 декабря (30 ноября) 1707 г. царь заложил в Петербурге 10-пушечную шняву, а в 1708 г. спустил в там же на воду построенную им 16-пушечную шняву «Лизет». 9 ноября (29 октября) этого же года по указу адмирала графа Ф. М. Апраксина Петр Алексеевич начал получать по 600 рублей командорского жалования и по 1200 рублей жалования корабельного мастера.

С 14 февраля по 21 мая (по стар. ст.) 1709 г. Петр находился при постройке судов в Воронеже, инспектировал азовские порты и ходил на бригантинах по Азовскому морю. Во время его пребывания в Воронеже 18 (7) апреля были спущены на воду два построенных им корабля: 50-пушечный «Ластка» и 80-пушечный «Старый Орел».

27 (13) июля 1709 г. за Полтавскую битву Петр I был пожалован чином контр-адмирала, или шаутбенахта, и флаг его был поднят на флагштоке около ставки государя.

16 (5) декабря 1709 г. Петр заложил первый в петербургском Адмиралтействе 54-пушечный корабль «Полтава».

В апреле 1710 г., начальствуя отрядом судов корабельного флота и имея контр-адмиральский флаг на шняве «Мункер», Петр Алексеевич сопровождал к нашим войскам, осаждавшим Выборг, галеры и транспортные суда с провиантом и артиллерией. Конвоируемые суда находились в крайней опасности из-за густого, почти сплошного льда и были спасены и благополучно достигли назначения только благодаря его энергичным и решительным действиям. Своевременное же доставление транспорта способствовало скорой сдаче крепости.

В августе и сентябре, имея свой флаг на новых кораблях «Выборг» и «Рига», Петр находился в плавании до Красной Горки в эскадре адмирала графа Апраксина.

В мае 1713 г. уже на корабле «Полтава» Петр сопровождал галерный флот до Березовых островов. Затем, командуя авангардом галерного флота, бывшего под начальством адмирала графа Апраксина, принимал деятельное участие во взятии Гельсингфорса.

В июне этого же года опробовал покушнные корабли, отличавшиеся, по его выражению, от кораблей русской постройки «как отцу приемыш от родного сына».

В 1714 г. состоял членом военно-судной комиссии под председательством графа Апраксина по делу о потере корабля «Выборг» и о неудачной погоне нашего флота за шведскими крейсерами. Высказанное им мнение послужило основанием для приговора, по которому вице-адмирал Крюйс и капитан Рейс были приговорены к смертной казне, капитаны Шельтинг – к разжалованию, а Дегрейтер – к изгнанию из России. В кампании этого года, плавании до Реве-

ля, Петр начальствовал корабельным флотом, имея флаг на корабле «Св. Екатерина». Узнав о трудном положении галерного флота у Гангута, прибыл туда, произвел маневр обхода неприятельского флота и затем, командуя авангардом флота, после кровавого боя овладел неприятельской эскадрой, состоявшей из 10 судов под начальством контр-адмирала Эрншельда.

Гангутское сражение было первой крупной победой русского регулярного флота над шведским. Результатом Гангутского сражения была высадка русских войск через Ботнический залив на берега Швеции.

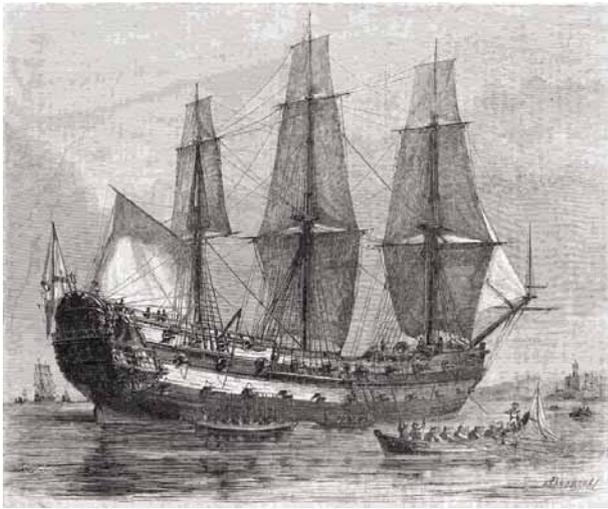
В сентябре государь торжественно привел в Петербург взятые у Гангута суда, представил в присутствии Сената князю-кесарю донесение о победе, и тут же за отличную службу был пожалован чином вице-адмирала синего флага. С 12 (1) января 1715 г. Петр стал получать по новому чину жалование 2240 рублей в год. В плавании до Ревеля командовал авангардом флота, имея свой вице-адмиральский флаг на корабле «Ингерманланд».

В 1716 г. в Копенгагене, имея флаг на корабле «Ингерманланд», начальствовал эскадрой судов, прибывших из Ревеля, Архангельска и из-за рубежа. По соединении нашего флота с союзными английским, датским и голландским ему была предоставлена над всеми главная команда, причем вице-адмиральский флаг на корабле «Ингерманланд» был заменен штандартом, под которым союзные флоты девять дней крейсировали в Балтийском море. По этому случаю была выбита медаль с надписью: «Владычествует четыремя».

Держа свой флаг на корабле «Ингерманланд», в 1718 г. командовал авангардом флота, бывшим под начальством графа Апраксина, в плавании по Финскому заливу.

26 (15) июля 1718 г. государем в Петербурге спущен построенный им 90-пушечный корабль «Лесное».

В 1719 г. начальствовал Балтийским флотом, который дошел до Аланда, где простоял почти два месяца. Затем деятельно трудился над составлением Морского устава, просиживая иногда за работой по 14 часов в сутки.



Корабль «Ингерманланд», носивший флаг Петра во время командования четырьмя флотами в 1717 г. (А. К. Бегров, К. Вейерман)

Наиболее ярким эпизодом на заключительном этапе Северной войны 1700–1721 гг. между Россией и Швецией явилось *Гренгамское морское сражение* у о. Гренгам (один из Аландских островов), произошедшее 7 августа (27 июля) 1720 г. (ровно через шесть лет после Гангутского сражения) между русским гребным флотом под командованием генерала князя М.М. Голицына (61 галера) и шведской эскадрой под командованием вице-адмирала Шеблата (1 линейный корабль, 4 фрегата и 9 других

судов). Приблизившись к Гренгаму, недостаточно вооруженные галеры Голицына подверглись сильному артиллерийскому обстрелу шведской эскадры и отступили на мелководье. Шведские корабли последовали за ними. В мелководном районе более маневренные русские галеры перешли в решительную контратаку. Российские моряки смело бросились на abordаж и в рукопашной схватке завладели четырьмя шведскими фрегатами. Остальные корабли Шеблата поспешно отступили. Гренгамская виктория укрепила положение русского флота в восточной части Балтики и разрушила надежды Швеции одолеть Россию на морских просторах.

В 1721 г. Петр I производил «экзерции» и испытания кораблей в Финском заливе. 18 (7) сентября этого же года по случаю заключения мира со Швецией «*в знак понесенных трудов в сию войну*» принял предложенный ему от генерал-адмирала Ф. М. Апраксина, прочих флагманов и министров чин адмирала от красного флага, «ибо в сию войну довольно чином вице-адмирала служил».

В 1722 г. Петр Алексеевич участвовал в Персидском походе и во время перехода Каспийским морем из Астрахани к Аграхани (река) командовал передовым отрядом флотилии, бывшей под кайзер-флагом генерал-адмирала графа Апраксина.

В 1723 г., подняв свой адмиральский флаг на корабле «Екатерина», Петр Алексеевич командовал авангардом флота, бывшего под начальством генерал-адмирала Апраксина, во время пребывания флота в Рогорвике произвел там торжественную закладку гавани.

29 июня (по стар. ст.) 1723 г. в петербургском Адмиралтействе заложен по составленному им чертежу первый 100-пушечный корабль, называвшийся до окончательной постройки «собственным Его Императорского Величества кораблем».

При торжественном представлении флоту на Кронштадтском рейде ботика «Дедушка русского флота», Петр Алексеевич исполнял на нем обязанность квартирмейстера, причем гребцами были два вице-адмирала и два шаутбенахта.

18 (7) октября на острове Котлин Петр заложил крепость, наименовав ее Кронштадтом.

В ноябре 1724 г., спасая близ Лахты людей со ставшего на мель бота, Петр сильно простудился, что рпиблизило его кончину.



Петр Великий на Лахте, спасает погибающих во время бури 1 ноября 1724 г. (Н. С. Негадаев, К. Вейерман)

В 1725 г. он составил план экспедиции для выяснения вопроса «соединяется ли Азия с Америкой», утвердил все распоряжения по исполнению этого предприятия и назначил капитана Беринга начальником экспедиции.

28 января (по стар. ст.) 1725 г. Петр Алексеевич скончался в Санкт-Петербурге.

Русский флот к этому времени состоял из 50 линейных кораблей и 800 других судов разного рода и насчитывал 30 тысяч матросов и служащих. ■

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. 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 500 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.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе. 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 **Ключевые слова:** судостроение, вклад в развитие отрасли, академик В. М. Пашин
Г. Ф. Демешко. Вклад академика В. М. Пашина в развитие отечественного судостроения // Морской вестник. 2014. № 1. С. 6

О жизненном пути академика В. М. Пашина, долгие годы возглавлявшего ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, ныне Крыловский научный центр, его становлении как ученого-кораблестроителя, внесшего неограниченный вклад в развитие отечественного судостроения. Статья посвящена памяти В. М. Пашина, ушедшего из жизни в конце 2013 г. Ил. 1.

УДК 621.039.533.6:621.165 **Ключевые слова:** ОАО «Адмиралтейские верфи», ПЛ «Новороссийск», характеристики, спуск
«Новороссийск» – долгожданная подлодка отечественного флота! // Морской вестник. 2014. № 1. С. 8

Репортаж о спуске на воду долгожданной неатомной подводной лодки «Новороссийск». Приведены ее характеристики. В планах на перспективу – строительство еще шести таких кораблей, которые будут названы в честь городов героев. Ил. 5.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** ОАО «СЗ «Северная верфь», корвет, судно тылового обеспечения, крейсер
Судостроители «Северной верфи» – ВМФ России // Морской вестник. 2014. № 1. С. 11

Подведены итоги работы завода в 2013 г., рассказано о постройке корветов «Стойкий», «Бойкий», закладке корвета «Проворный» и судна тылового обеспечения с высоким ледовым классом «МБ 75» для ВМФ РФ. Особое внимание уделено участию предприятия в Международном военно-морском салоне, а также планам на будущее. Ил. 4.

УДК 051.2 (100):629.5.081 **Ключевые слова:** МАКО, Морской регистр, Общие правила, Гармонизированные правила, разработка
М. С. Бойко, М. А. Кутейников, В. Н. Трякин. Анализ требований Гармонизированных общих правил МАКО и разработка специального программного обеспечения // Морской вестник. 2014. № 1. С. 13

Знакомит с разработкой Международной ассоциацией классификационных обществ Гармонизированных правил на основе существующих Общих правил проектирования современных нефтеналивных судов с двойными бортами и наливных судов. В этом процессе участвовал Российский морской регистр судоходства. Цель работы – создание и внедрение в практику проектирования этих судов надежную нормативную базу, принятую всеми классификационными обществами. В разработке специального и программного обеспечения принимал участие СПбГМТУ. Ил. 7. Библиогр. 3 назв.

УДК 658.531:629.5.024 **Ключевые слова:** изоляция, изоляционные работы в судостроении, типовые изоляционные узлы, производительность труда, расчеты трудоемкости
А. Г. Филимонов. Внедрение передового зарубежного опыта корпусной изоляции в отечественное судостроение // Морской вестник. 2014. № 1. С. 17

Показаны элементы корпусной изоляции и приведены сравнительные расчеты трудоемкости, подтверждающие повышение производительности труда в ходе выполнения работ на судах и кораблях при применении типовых изоляционных узлов, как это предлагает зарубежный опыт. Т. 1. Ил. 8.

УДК 621.702:629.51 **Ключевые слова:** пассажирское судно, паром, речные суда, Северная Двина, ледовая категория, проектирование, внешняя задача проектирования судна

Г. В. Егоров, В. И. Тонюк, А. Г. Егоров. Предпосылки и основные результаты проектирования грузопассажирских судов для Северной Двины // Морской вестник. 2014. № 1. С. 21

Изложены особенности речных перевозок пассажиров в Архангельской области, проанализированы существующий флот пассажирских и грузопассажирских судов, погодные и путевые условия реки Северная Двина, показана необходимость строительства новых судов. Т. 5. Ил. 7. Библиогр. 18 назв.

УДК 621.833:629.5.083.5 **Ключевые слова:** техника, техническое обслуживание и ремонт, система, типовая программа ВМС США

Г. Н. Муру, О. А. Нестерев. Сравнительный анализ элементов системы технического обслуживания и ремонта военно-морской техники // Морской вестник. 2014. № 1. С. 28

Выполнен анализ подходов к обеспечению технического обслуживания и ремонта кораблей, узлов и военной техники в ВМФ РФ и в ВМС США. Особое внимание акцентируется на необходимости создания единого органа, регулирующего техническую политику в этой области. Ил. 1. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.311:629.5 **Ключевые слова:** компрессоры, блоки осушки, винтовые компрессоры, компрессоры без смазки

Л. Г. Кузнецов, Ю. Л. Кузнецов. Компрессоры для тех, кто умеет считать // Морской вестник. 2014. № 1. С. 31
Продемонстрированы образцы продукции ОАО «Компрессор», его новейшие разработки. Особое внимание уделено преимуществам и возможностям эксплуатации компрессоров в различных отраслях промышленности. Ил. 7.

УДК 621.311.1 **Ключевые слова:** электродвигатель, система электрозапуска, электростартер, электромеханизм для систем кондиционирования воздуха

О. И. Овечкин, А. В. Новосёлова. Электромеханизмы и электродвигатели разработки ОАО «Электропривод» // Морской вестник. 2014. № 1. С. 34

Знакомит с продукцией ОАО «Электропривод»: электродвигателями, системами электрозапуска, электростартерами, электромеханизмами для кондиционирования воздуха и др. Приведены их технические характеристики, обозначены области применения, в числе которых – авиационная и судостроительная промышленность. Т. 9. Ил. 10.

УДК 629.12:629.5.037:621.33 **Ключевые слова:** система электродвижения, весовая характеристика, анализ

Д. А. Посадов, Д. В. Умаров, В. Г. Титов. Сравнительный анализ систем электродвижения специального назначения // Морской вестник. 2014. № 1. С. 39

В последнее время среди специалистов ведется много дискуссий о перспективе внедрения электродвижения на боевые корабли. У этой идеи есть и сторонники и противники. КБ «Вымпел» имеет большой опыт проектирования судов с электродвижением. В статье сделан краткий анализ весовых характеристик систем электродвижения и выполнено сравнение с традиционными (конвенциональными) пропульсивными установками. Ил. 9. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.3.031.8 **Ключевые слова:** корабельные системы электроснабжения и электропитания, нагрузочные характеристики потребителей, исправление нагрузки, корректор коэффициента мощности

Ю. А. Губанов, К. В. Жданов, А. Г. Сотников, Д. С. Муликов. Электроснабжение и электропитание корабельных потребителей: работа по исправлению нагрузки // Морской вестник. 2014. № 1. С. 43

В современных условиях преобладание на корабле электронной нагрузки приводит к необходимости нового подхода к проектированию систем электроснабжения, связанного с организацией индивидуальной «работы с нагрузкой», иначе говоря, работы по ее «исправлению», заключающейся в создании и эффективном использовании специальных мер полинеаризации.

Требования по гармоническому составу тока потребителей прежде всего должны предъявляться к мощным потребителям, вносящим наибольшие искажения в сеть. В свою очередь, интеграция активного корректора коэффициента мощности (ККМ) с электрооборудованием, определяющим состав корабельной нагрузки, в частности с существующей структурой статических преобразователей и систем вторичного электропитания, целесообразна. Очевидно, что оснащение нагрузки ККМ приведет к улучшению качества корабельной электроэнергетической сети, учитывая готовность разработчиков силовой электроники и систем электропитания к реализации создания и внедрения ККМ, это обстоятельство не может быть оставлено без внимания проектировщиками кораблей. Т. 2. Ил. 11. Библиогр. 11 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** единая электроэнергетическая система, схемно-техническое решение

К. Г. Голубев. Методология формирования схемно-технических и конструктивных решений разрабатываемой единой электроэнергетической системы для судов с электродвижением // Морской вестник. 2014. № 1. С. 49

На основании анализа методов проектирования, а также комплексной системы общих технических требований изложены методы формирования схемно-технических решений и систем электропитания к реализации единой электроэнергетической системы для судов с полным электродвижением. Ил. 2. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.039.578 **Ключевые слова:** ядерный моноблочный паропроизводящий агрегат, пароводяной струйный аппарат, статические характеристики

Н. П. Шаманов, В. В. Кожемякин, В. О. Кожемякин. Расчетно-теоретическое исследование статических характеристик ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата типа «Бета»: режимы без отключения пароводяных струйных аппаратов // Морской вестник. 2014. № 1. С. 51

Представлены результаты расчетно-теоретического исследования статических характеристик ядерного моноблочного паропроизводящего агрегата типа «Бета» для режимов без отключения пароводяных струйных аппаратов. Определена граница допустимых нагрузок без отключения пароводяных струйных аппаратов. Ил. 12. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.12.03.001 **Ключевые слова:** термоэлектричество, теплообменный аппарат, барокомплекс

Ю. А. Лебедев, А. А. Арутюнян. Исследование и разработка термоэлектрических теплообменных аппаратов // Морской вестник. 2014. № 1. С. 55

Обозначены основы для расчета термоэлектрического теплообменного аппарата с recuperативной ступенью, работающего в условиях повышенного давления. Выполнен анализ возможности применения принципов оптимизации с использованием коэффициента утилизации к термоэлектрическим теплообменным аппаратам. Т. 1. Ил. 1. Библиогр. 8 назв.

УДК 656.6.08 **Ключевые слова:** главный двигатель, индикаторная мощность, расчет в судовых условиях

А. Г. Пилогин. Методика расчета индикаторной мощности главного двигателя в судовых условиях // Морской вестник. 2014. № 1. С. 58

Приведен алгоритм вычисления индикаторов мощности в судовых условиях, одобренный регистровыми сообществами. Т. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 62-503.56 **Ключевые слова:** потеря энергии, оптимальное управление

А. Ю. Румянцев, В. Ф. Самосейко. Оптимальное по критерию потерь управление гребной дизель-электрической установкой с униполярными машинами // Морской вестник. 2014. № 1. С. 59

Дана оценка составляющих потерь энергии в канале преобразования гребной дизель-электрической установки от дизеля к винту. Получены аналитические за-

висимости слагаемых потерь от переменных состояния. Предложено выражение, позволяющее оценивать эффективность управления по критерию минимума потерь в гребной дизель-электрической установке с униполярными машинами. Проведено сравнение превышения потерь при классическом и оптимальном управлении. Ил. 2. Библиогр. 8 назв.

УДК 621.3:621.7:623.827 **Ключевые слова:** Плетевой двигатель, отработавший газ, метод очистки

П. В. Наливкин, А. Н. Гаврилова. Очистка отработавших газов теплового двигателя НАПЛ // Морской вестник. 2014. № 1. С. 63

Знакомит с различными способами очистки отработавших газов тепловых двигателей, которые применяются на неатомных подводных лодках. Предложена концепция многоступенчатой системы с последовательно-параллельным режимом работы ее ступеней. Показаны особенности работы этой концепции в инерционных сепараторах. Ил. 2.

УДК 629.5.067.8 **Ключевые слова:** система пожарной безопасности, система пожарной сигнализации, система автоматического включения, разработка, изготовление

А. А. Копанев, А. М. Тихоненко, В. О. Бойченко. Противопожарная защита. Современность и перспективы развития аппаратуры систем пожарной автоматизации разработки и производства ОАО «НПФ «Меридиан» // Морской вестник. 2014. № 1. С. 65

Рассмотрены вопросы обеспечения противопожарной защиты надводных кораблей с помощью современных систем пожарной автоматизации. Приведены сведения о перспективном оборудовании, в том числе о системах пожарной сигнализации и системах специального применения противопожарной защиты погребов. Проанализированы принципы аппаратного и информационного прогнозирования и информационной поддержки перспективной комплексной системы противопожарной защиты СПС 31. Ил. 5.

УДК 620.165.29:629.5 **Ключевые слова:** акриловый иллюминатор, стеклоэлемент, нагружение

В. В. Бортовский, Н. М. Вихров, В. П. Лянзберг. К вопросу проектирования конических акриловых иллюминаторов высокого давления // Морской вестник. 2014. № 1. С. 69

Предложена методика оценки величины давления на иллюминатор, приводящего к нарушению его целостности. Показано, что это можно делать по величине осевого смещения стеклоэлемента. Ил. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.435 **Ключевые слова:** цифровая система управления, газотурбинный двигатель, динамические характеристики, параметрический синтез, топливрегулирующая аппаратура, закон регулирования, уравнение динамики

А. Ю. Смирнов, И. Р. Францев. Особенности реализации унифицированных цифровых систем управления газотурбинным двигателем // Морской вестник. 2014. № 1. С. 75

Проанализированы особенности синтеза систем автоматизации газотурбинных двигателей на примере режима запуска. Обоснована необходимость реализации параметрического цифрового регулятора, обеспечивающего технологичность изготовления и высокие эксплуатационные свойства. Ил. 2. Библиогр. 2 назв.

УДК 681.518.5 **Ключевые слова:** бортовая автоматизированная система управления, технологическая операция и система, приемочный контроль, диагностирование, поиск неисправностей, прецедент, байесовская сеть доверия, интеллектуальная система поддержки принятия решений

Ю. Ф. Подоплёткин, В. А. Смирнов. Комбинированный метод диагностирования бортовых систем управления в технологии приемочного контроля // Морской вестник. 2014. № 1. С. 79

Рассмотрены вопросы достижения высокого качества бортовых систем управления летательных аппаратов путем совершенствования технологической системы приемочного контроля. Показано, что для обеспечения высокой эффективности технологических операций контроля и диагностирования необходима автоматизация процесса принятия решений по полученным результатам. Предложен комбинированный метод поиска неисправностей для применения в интеллектуальной системе поддержки принятия решений при анализе и оценке результатов контроля и диагностирования. Т. 6. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 656.6:551.48 **Ключевые слова:** ГНИНГИ, этапы становления, навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение, перспективы развития

А. Ф. Зенков, С. П. Алексеев, П. Г. Бродский. О вкладе ОАО «ГНИНГИ» в развитие навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. К 75 летию ГНИНГИ // Морской вестник. 2014. № 1. С. 85

Обозначены этапы становления и развития Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института (ГНИНГИ). Рассмотрен его вклад в создание и совершенствование системы навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в РФ. Проанализированы результаты деятельности института за последние годы, определены направления научных исследований на ближайшую перспективу. Библиогр. 8 назв.

УДК 656.61.052.1 **Ключевые слова:** судовождение, безопасность, электронная картографическая навигационная система «Gray Whale», характеристика

А. Н. Мягков, А. А. Беликов. Автоматизация судовождения – залог безопасности // Морской вестник. 2014. № 1. С. 91

Дан краткий обзор истории развития средств автоматизации судовождения, описан характер изменений этих методов, по мере появления новых приборов и систем. Основное внимание уделено электронным картографическим навигационным информационным системам с отображением электронных карт (ЭКНИС). Перечислены характеристики, функции и возможности новой разработки ЗАО «Морские Навигационные Системы» – ЭКНИС «Gray whale», предназначенной для использования в любых районах Мирового океана и на внутренних водных путях. Высказано мнение, что, несмотря на объективную необходимость дальнейшей автоматизации управления процессом судовождения, никакие, даже высокоорганизованные, системы не смогут полностью заменить человеческий опыт, интеллект и аналитические возможности. Ил. 4.

УДК 614.2 **Ключевые слова:** гармонизация нормативной правовой базы, федеральные государственные образовательные стандарты, единая система медицинского обслуживания плавсостава морских и речных судов

А. В. Иванченко, О. К. Бумай, А. Е. Сосюкин, Р. В. Константинов. Актуальные проблемы медицинского обслуживания плавсостава морского и речного флота РФ // Морской вестник. 2014. № 1. С. 95

Рассмотрены актуальные проблемы совершенствования нормативной и правовой базы медицинского обслуживания плавсостава морского и речного флота РФ. Даны конкретные рекомендации по разработке соответствующих руководящих документов специалистами НИИ промышленной и морской медицины, а также обосновывается единая система медицинского обслуживания плавсостава морских и речных судов. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 623.98 **Ключевые слова:** техническая документация, интерактивная форма, требования

Е. П. Абросимов, Д. А. Богданов, Р. А. Мышкин. Отечественная нормативная база в области подготовки электронной документации // Морской вестник. 2014. № 1. С. 99

Интерактивная электронная техническая документация – современная форма технической документации на сложные инженерные механизмы. При разработке такой документации следует учитывать требования международных и отечественных нормативных документов. Статья посвящена рассмотрению отечественных нормативных документов, определяющих классификацию электронных технических документов. Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.643/644 **Ключевые слова:** метод конечных элементов, бесварное трубное соединение, трубы рабочей среды, давление, влияние максимальных напряжений

А. А. Веселов, Б. А. Горелик, А. И. Фрумен. Исследование напряженно-деформированного состояния трубчатых бесварных соединений методом конечных элементов // Морской вестник. 2014. № 1. С. 103

С использованием метода конечных элементов определены перемещения и напряжения, возникающие в бесварном трубном соединении, испытывающем давление от транспортирования по трубам рабочей среды определенных параметров. Охарактеризовано влияние максимальных напряжений на самокомпенсацию уп-

лотнительной прокладки из эластомерного материала. Ил. 8. Библиогр. 3 назв.

УДК 68151.015:519.9 **Ключевые слова:** управление судном, волнение, алгоритм фильтрации

Л. М. Клячко, Н. Н. Тарасов, Г. Э. Острецов. Алгоритмы фильтрации с интегральными невязками при управлении судном в условиях развитого морского волнения // Морской вестник. 2014. № 1. С. 105

Качественное управление судами возможно только при наличии полной и точной информации как о параметрах движения самого судна, так и о параметрах внешних возмущений. Такую информацию получают с помощью различных алгоритмов фильтрации. Предложены алгоритмы фильтрации, позволяющие получать оценки параметров движения в условиях развитого морского волнения. Работа этих алгоритмов основана на использовании не только текущих невязок, но и интегралов от этих невязок. Ил. 6. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.12.001.2 **Ключевые слова:** жизненный цикл, исследование, организационно-управленческие дисциплины

А. Е. Богданов. Система организационно-управленческих дисциплин для исследования процессов управления жизненным циклом морской техники по видам представлений // Морской вестник. 2014. № 1. С. 110

Предложены структура организационно-управленческих дисциплин по дидактическим блокам, последовательности их изучения и применения при автоматизации процессов управления проектирования, создания и технического обслуживания морской техники на ее жизненном цикле. Т. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 656.6.08 **Ключевые слова:** движение судна, установившаяся циркуляция, математическая модель

А. Г. Пилюгин. Математическая модель движения судна на установившейся циркуляции // Морской вестник. 2014. № 1. С. 111

Приведена математическая модель движения судна на установившейся циркуляции, измененная по сравнению с канонической на основе проведенных автором серии натурных исследований. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5.081.4.002.72 **Ключевые слова:** сложная система автоматизации, методика оценки, объект информатизации, аттестация

А. В. Смольников, А. В. Алексеев. Квалиметрическое обеспечение повышения конкурентоспособности объектов морской техники и морской инфраструктуры // Морской вестник. 2014. № 1. С. 113

Рассмотрены методика оценки качества сложных систем автоматизации и показана возможность квалиметрического обеспечения их конкурентной способности, в том числе в сопоставлении с достигнутым международным и национальным уровнем качества. Применительно к объектам морской техники и морской инфраструктуры показана возможность количественной оценки сводных системных показателей информационного качества, живучести судна, технологического уровня развития и конкурентной способности при проектировании, создании, эксплуатации, а также ранговой сертификации средств и аттестации объектов информатизации. Ил. 2. Библиогр. 14 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** ракетный крейсер, проектирование, технические характеристики, вооружение

В. Е. Юхнин. Ракетные крейсера пр. 1164 «Атлант» // Морской вестник. 2014. № 1. С. 121

Подробно проанализированы этапы проектирования и постройки боевых кораблей третьего поколения, в частности тяжелого ракетного крейсера пр. 1164 «Атлант». Приведены технические характеристики корабля и вооружения. Т. 2. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Ф. С. Шлемов, инженер-кораблестроитель

С. М. Вилков. Инженер-кораблестроитель Ф. С. Шлемов. К 100 летию со дня рождения // Морской вестник. 2014. № 1. С. 123

Рассказывается о выдающемся инженер-кораблестроителе, капитане I ранга, докторе технических наук, профессоре Ф. С. Шлемове, который долгие годы работал в И Институте ВМФ и внес значительный вклад в повышение прочности корабля, в том числе взрывостойкости АПЛ. Ил. 4.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Петр I, флот

С. П. Сирый. Император Петр I на службе в Российском флоте // Морской вестник. 2014. № 1. С. 127

Кратко изложены этапы зарождения Российского флота, для создания которого много сил приложил император Петр I, а также ход его службы во флоте. Ил. 5.

SUMMARIES

G.F. Demeshko. Contribution of the academician V.M. Pashin in the development of the national shipbuilding

About the life journey of the academician V.M. Pashin, who was the Head of the Central Research Institute named after the academician A.N. Krylov, now Krylov scientific center, for many years, his formation as a scientist-shipbuilder, making an invaluable contribution to the development of domestic shipbuilding. The article is devoted to the memory of V.M. Pashin, who passed away in the end of 2013.

«Novorossiysk» – the long-awaited submarine to the Russian Navy!

Shipbuilders of «Northern shipyard» – Russian Navy

Results of work of the plant in 2013 are resumed, it is told about the construction of the corvettes «Stoykiy», «Boykiy», the keel-laying of the corvette «Provorny» and the logistics vessel with a high ice class «MB-75» for the Russian Navy. Special attention is paid to participation of the enterprise in the International naval salon, as well as the prospects for the future.

M.S. Boyko, M.A. Kuteynikov, V.N. Tryaskin. Analysis of requirements of Harmonized common rules of IACS and development of special software

Acquaints with the development of the International Association of classification societies Harmonized regulations based on the existing General rules of design of modern oil tankers with double boards and tankers. In this process, participated by Russian Maritime register of shipping. The purpose of work is creation and introduction in practice of the design of these vessels reliable regulatory framework, adopted by all classification societies. SPbSMTU participated in the development of special software.

Presenting S.N. Sedov with the patent «Petrovsky Korabel»

Report about the launching of a long-awaited non-atomic submarine «Novorossiysk». Its characteristics are given. In plans for the future is the construction of another six ships that will be named in honor of the hero cities.

A.G. Filimonov. Introduction of advanced foreign experience of the hull isolation in the Russian shipbuilding

Shows the elements of the hull of isolation and a lack of comparative calculations of labor, confirming the increase of labor productivity during the progress of work on vessels and ships in applying the standard insulation nodes, as it is offered by the foreign experience.

G.V. Egorov, V.I. Tonyuk, A.G. Yegorov. Background and main results of the design of cargo and passenger vessels for the Northern Dvina

The special features of the river transport of passengers in the Arkhangelsk region are given, analyzed the existing fleet of passenger and cargo ships, weather and travel conditions of the Northern Dvina river, showed the necessity of construction of new ships.

G.N. Muru, O.A. Nesterets. Comparative analysis of the elements of the system of technical service and repair of naval equipment

Analysis of approaches to ensure the maintenance and repair of ships, units and military equipment in the Russian Navy and the U.S. Navy. Special emphasis is placed on the necessity to create a single regulatory body for technical policy in this area.

L.G. Kuznetsov, Yu. L. Kuznetsov. Compressors for those who know how to count

Demonstrated samples of products of JSC «Compressor», his latest developments. Special attention is given to the advantages and opportunities for operation of compressors in various industries.

O.I. Ovechkin, A.V. Novoselova. Electric gears and motors developed by JSC «Electroprivod»

Acquaints with products of JSC «Electroprivod»: electric motors, electric start systems, electric starters, electric gears for air conditioning and others. Their technical characteristics are given, their identified areas of application, including the aviation and shipbuilding industry.

D.A. Posadov, D.V. Umyarov, V.G. Titov. Comparative analysis of the electromotive systems of special purpose

Recently among specialists is much discussion about the prospect of introduction of electric propulsion warships. This idea has supporters and opponents. KB «Vympel» has extensive experience in designing vessels with electric propulsion. The article presents a brief analysis of the weight characteristics of the propulsion systems and comparison with traditional (conventional) пропульсивными installations.

Y.A. Gubanov, K.V. Zhdanov, A.G. Sotnikov, D.C. Mulikov. Power supply and power supply of ship consumers: the work of fixing the load

In modern conditions the predominance of the craft's electronic load leads to the need for a new approach to the design of power supply systems, associated with the organization of individual «work load», in other words, the work on its «fixing», which consists in the creation and effective use of special measures for linearization.

Requirements for harmonic current composition of the consumers must first be offered for powerful consumers who contributed the greatest distortions in the network. In turn, the integration of active power factor corrector (PFC) with electrical equipment, determining the composition of the ship's load, in particular with the existing structure of static converters and

secondary power supply systems, is suitable. It is obvious that the equipment load KCM will improve the quality of shipboard electric power network, considering the willingness of the developers of power electronics and power systems to implement the creation and implementation of ECR, this circumstance cannot be left without the attention of designers of ships.

K.G. Golubev. The methodology of formation of circuit-technical and design solutions developed the unified power system for vessels with electric propulsion

Based on the analysis of the methods of design, and a complex system of General technical requirements set out methods of formation of circuit-technical solutions relating to a model of modern unified power system for ships with a full electric propulsion

N.P. Shamanov, V.V. Kozhemyakin, V.O. Kozhemyakin. Calculation-theoretical study of the static characteristics of nuclear monoblock steam-raising unit of «Beta» type: mode without turning off the water-steam jet devices

Results of calculation and theoretical studies of the static characteristics of nuclear monoblock steam-raising unit of «Beta» type for modes without turning off the water-steam jet devices. Defined limit of permissible loads without turning off the steam jet devices.

Y.A. Lebedev, A.A. Arutyunyan. Research and development of thermoelectric heat exchangers

Marked the basis for the calculation of thermoelectric heat exchanger with a regenerative stage, working in conditions of high pressure. Analysis of possibility of application of the principles of optimization with the use of coefficient of utilization thermoelectric heat exchangers.

A.G. Pilyugin. Procedure of calculation of the indicator power of the main engine in marine conditions

An algorithm of the calculation of indicators capacity in marine conditions, approved by the registered communities.

A.Y. Rumyantsev, V.F. Samoseyko. Regret criterion optimal control of the propeller diesel-electric installation with unipolar machines

Given the estimation of energy losses in the channel conversion rowing diesel-electric installation from diesel to screw. Analytical dependences of the components of loss from the state variables. Proposed expression, allowing to assess the effectiveness of management by the minimum regret criterion of in the propeller diesel-electric installation with unipolar machines. Comparison of excess of loss with the classic and optimal control.

P.V. Nalivkin, A.N. Gavrilova. Cleaning of exhaust gases of the heat engine of a non-nuclear submarine

Acquaints with different ways of cleaning exhaust gases of thermal engines, which are used in non-nuclear submarines. A concept of multi-level system with a series-parallel mode of operation of its steps. Shows the features of the work of this concept in the inertial separators.

A.A. Kopanev, A.M. Tikhonenko, C.O. Boychenko. Fire protection. The present and prospects of development of the equipment of systems of fire automatics developed and produced by JSC «NPF «Meridian»

The problems of ensuring fire protection of surface ships with the help of modern systems of fire automatics. Provides information about the prospective equipment, including systems of the fire alarm system and systems of special application of the fire protection cellars. Analyzes the principles of hardware and information forecasting and information support of the perspective of a comprehensive fire protection system PCA-31.

V.V. Bortovskiy, N.M. Vikhrov, B.N. Lyanzberg. The issue of designing conical acrylic high pressure illuminators

The technique of evaluation of the magnitude of the pressure on the illuminator, which leads to infringement of its integrity. It is shown that this can be done largest axial displacement of the glass element.

A.Y. Smirnov, I.R. Frantsev. Peculiarities of the realization of unified digital control systems for gas turbine engine

Analyzes the peculiarities of synthesis of systems of automation of gas-turbine engines on the example of the run mode. The necessity of implementation of parametric digital regulator, ensuring manufacturability and high operational properties.

Y.F. Podoplekin, V.A. Smirnov. The combined method of diagnosis of onboard systems control for acceptance inspection technology

Considered the issues of achieving a high quality of on-board control systems for aircraft, by improving the technological system acceptance. It is shown that to provide high efficiency of technological operations control and diagnostics want automated decision-making process and the results. Proposed combined method of Troubleshooting for use in intellectual decision support system for analysis and assessment of the results of monitoring and diagnosing.

A.F. Zen'kov, S.P. Alekseev, P.G. Brodskiy. On the contribution of JSC «GNINGI» in the development of navigational and hydrographic support of Maritime activities. To the 75th anniversary of «GNINGI»

Marked the stages of formation and development of the State research navigation-hydrographic Institute (GNINGI). Considered its contribution to the creation and perfection of system of navigation and hydrographic and hydro-meteorological support to marine activities in the Russian Federation. We analyzed the results of the activities of the Institute in recent years, and the direction of scientific research in the near future.

A.N. Myagkov, A.A. Belikov. Automation of navigation – guarantee of safety

Brief review of the history of the development of automation of navigation, describes the traditional methods of work of the Navigator, and the nature of these methods, as new devices and systems. Focuses on the electronic mapping navigation information systems with display of electronic cards (EMNIS). Lists the features, functions and capabilities of the new development of JSC «Marine navigation systems» – EMNIS «Gray whale», intended for use in all areas of the World ocean and the inland waterways. Suggested that, despite the objective necessity of the further automation of the process control of navigation, even highly organized, the system will not be able to fully replace the human experience, intelligence and analytical capabilities.

A.V. Ivanchenko, O.K. Bumay, A.U. Sosyukin, R.V. Konstantinov. Actual problems of medical care of seafarers at the sea and river fleet of the Russian Federation

Describes the current problems of improving the regulatory and legal framework for the medical care of seafarers at sea and river fleet of the Russian Federation. Concrete recommendations on the development of relevant guidance documents by the specialists of the research Institute of industrial and marine medicine, and substantiates the unified system of medical care of seafarers at sea and river vessels.

E.P. Abrosimov, E.A. Bogdanov, R.A. Myskin. Domestic regulatory framework in the field of preparation of the electronic documentation

Interactive electronic technical documentation is a modern form of technical documentation on complex engineering mechanisms. When you develop such documentation should take into account the requirements of international and national regulatory documents. The article is devoted to the national regulatory documents determining the classification of electronic technical documents.

A.A. Veselov, B.A. Gorelik, A.I. Frumen. Investigation of the stress-strain state of pipeline non-welded compounds by the finite element method

Using the finite element method defined movement and the stresses that non-welded pipe Union, facing pressure from the transportation of pipes of the working environment of certain parameters. The influence of maximum stress on self-compensating gasket of elastomeric material.

L.M. Klyachko, N.N. Tarasov, G.E. Ostretsov. Filtering algorithms with integrated невязками when the management of a vessel in conditions of the developed sea waves

The quality management of the courts is possible only when you have a full and accurate information as on parameters of movement of the vessel and on the parameters of external perturbations. Such information is obtained by using various algorithms. The algorithms for filtering, allowing to obtain estimates of the parameters of motion under the action of a developed sea waves. The work of these algorithms is based on the use of not only current, residuals, but integrals of these residuals.

A.E. Bogdanov. The system of organizational-managerial disciplines to study the processes of the lifecycle management of marine technology by types of representations

Proposed structure of the organizational and managerial disciplines by didactic units succession of study and use in automating the processes of designing, building, and maintenance of marine engineering on its life cycle.

A.G. Pilyugin. Mathematical model of the motion of a vessel on a steady circulation

The mathematical model of the motion of a vessel on a steady circulation changed compared with canonical on the basis of the author of a series of field researches.

A.V. Smolnikov, A.V. Alekseev. Quality metering support of the increase of competitiveness of marine technology and marine infrastructure objects

The paper considers methodical issues of evaluation of the quality of modern complex systems of automation and the possibility of quality metering support of their competitiveness, including in comparison to the results achieved by the international and the national level of quality. On objects of marine technology and marine infrastructure shows the real possibility of a quantitative estimation of the omnibus system indicators, information quality, the ship's survival, the technological level of development and competitive ability at the decision of tasks of designing, creation, operation, and rank certification of certification of objects of informatization.

V.E. Yukhnin. Missile cruisers of project 1164 «Atlant»

Considered the design and construction stages of the fighting ships of the third generation, in particular the heavy nuclear missile cruiser of project 1164 «Atlant». Lists the technical specifications of the ship and the weaponry.

S.M. Vilkov. Naval architect F.S. Shlemov. To the 100th anniversary of his birthday

The article tells about the outstanding naval architect, captain 1st rank, doctor of technical sciences, Professor F.S. Shlemov, who has for long years worked in the 1st Institute of the Navy and made a significant contribution to the improvement of strength of the ship, including blast-proof property of atomic submarines.

S.P. Siryi. Emperor Peter I in service in the Russian Navy

Briefly outlines the stages of origination of the Russian fleet, for which a lot of efforts were made by Emperor Peter I, and also the course of his service in the Navy.



РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

ВЫСОКИЙ КЛАСС БЕЗОПАСНОСТИ



Главное управление РС:

191186, Россия, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, д. 8

Тел.: 8 800 333 9999, факс +7 (812) 314 10 87,

E-mail: robox@rs-class.org

WWW.RS-CLASS.ORG